

Aus dem  
Institut für Medizinische Mikrobiologie  
und Krankenhaushygiene  
Komm. Leiter: PROF. DR. M. LOHOFF  
des Fachbereichs Medizin der Philipps-Universität Marburg  
in Zusammenarbeit mit dem Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH, Standort Marburg

Kontrollierte, prospektive Untersuchung zur bakteriellen Kontamination von  
Schlauchsystemen von Narkosegeräten bei Ausdehnung des Wechselintervalls  
auf 48 Stunden

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Humanmedizin  
dem Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg vorgelegt von

DAVID HARTMANN  
aus Siegen

Marburg/Lahn 2008

Angenommen vom Fachbereich Humanmedizin der Philipps-Universität Marburg  
am 24.01.2008

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs

Dekan: PROF. DR. M. ROTHMUND  
Referent: PROF. DR. R. MUTTERS  
Korreferent: PD. DR. DR. H. G. WAHL

## **Inhaltsverzeichnis**

|                           |   |          |
|---------------------------|---|----------|
| <b>INHALTSVERZEICHNIS</b> |   | <b>I</b> |
| <b>ABKÜRZUNGEN</b>        |   | <b>4</b> |
| <b>ZUSAMMENFASSUNG</b>    |   | <b>V</b> |
| <b>1</b>                  | <b>EINLEITUNG</b>                           | <b>1</b> |
| 1.1                       | Die ökonomische Situation in der Anästhesie | 1        |
| 1.2                       | Die maschinelle Beatmung                    | 3        |
| 1.3                       | Die beatmungsassoziierte Pneumonie          | 3        |
| 1.4                       | Problemstellung                             | 5        |
| 1.5                       | Fragestellung und Ziele der Arbeit          | 6        |
| <b>2</b>                  | <b>MATERIAL UND METHODEN</b>                | <b>8</b> |
| 2.1                       | Narkosebedingungen                          | 8        |
| 2.1.1                     | Narkosegeräte                               | 8        |
| 2.1.2                     | Narkosetechniken                            | 9        |
| 2.1.3                     | Schlauchsysteme                             | 9        |
| 2.1.3.1                   | Thermodesinfizierte Silikonschläuche        | 9        |
| 2.1.3.2                   | Einmalschlauchsysteme                       | 10       |
| 2.1.3.3                   | Wechselintervalle                           | 10       |
| 2.2                       | Selektion der OP-Säle                       | 11       |
| 2.3                       | Patienten                                   | 11       |
| 2.4                       | Probenentnahme                              | 12       |
| 2.4.1                     | Material                                    | 12       |
| 2.4.2                     | Durchführung                                | 12       |
| 2.4.2.1                   | Abspülproben der Beatmungsschläuche         | 12       |
| 2.4.2.2                   | Narkosegeräte                               | 13       |
| 2.5                       | Mikrobiologische Analyse                    | 16       |

|             |  |           |
|-------------|--|-----------|
| 2.5.1       | Quantitative Analyse                       | 16        |
| 2.5.1.1     | Material                                   | 16        |
| 2.5.1.2     | Durchführung                               | 17        |
| 2.5.1.2.1   | Beimpfen der Nährmedien                    | 17        |
| 2.5.1.2.2   | Quantifizierung                            | 17        |
| 2.5.1.2.3   | Aufstellen einer Verdünnungsreihe          | 17        |
| 2.5.1.2.4   | Isolation und Amplifikation                | 17        |
| 2.5.2       | Qualitative Analytik                       | 18        |
| 2.5.2.1     | Material                                   | 18        |
| 2.5.2.2     | Durchführung                               | 20        |
| 2.5.2.2.1   | Einfache biochemische Testverfahren        | 20        |
| 2.5.2.2.2   | Kommerzielle biochemische Testverfahren    | 20        |
| 2.5.2.2.2.1 | Bakterien-Identifizierungssystem           | 21        |
| 2.5.2.2.2.2 | Hefen-Identifizierungssystem               | 21        |
| 2.6         | Statistik                                  | 22        |
| <br>        |  |           |
| <b>3</b>    | <b>ERGEBNISSE</b>                          | <b>23</b> |
| 3.1         | Überblick                                  | 23        |
| 3.2         | Wechselintervalle und Kontaminationsraten  | 24        |
| 3.3         | Keimnester in den Narkosegeräten           | 26        |
| 3.4         | Keimspektrum der Abspülproben              | 27        |
| 3.5         | Systemisolate und Patientenflora           | 29        |
| <br>        |  |           |
| <b>4</b>    | <b>DISKUSSION</b>                          | <b>30</b> |
| 4.1         | Allgemeine Thematik                        | 30        |
| 4.2         | Wechselintervall und Kontaminationskinetik | 32        |
| 4.3         | Kontaminationskeime                        | 34        |
| 4.4         | Narkosesystem als Vektor                   | 35        |
| 4.5         | Operative Procedere und Systemverkeimung   | 37        |
| 4.6         | Ökonomische Effekte                        | 37        |
| 4.7         | Schlussfolgerung und Ausblick              | 38        |
| <br>        |  |           |
| <b>5</b>    | <b>TABELLEN UND ABBILDUNGEN</b>            | <b>41</b> |

|          |                                     |           |
|----------|-------------------------------------|-----------|
| <b>6</b> | <b>LITERATUR</b>                    | <b>57</b> |
| <b>7</b> | <b>APPENDIX</b>                     |           |
|          | Verzeichnis der akademischen Lehrer | 61        |
|          | Danksagung                          | 62        |

## Abkürzungen

---

|             |  |
|-------------|--|
| CDC         | Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, USA |
| DRG         | Diagnosis Related Groups                                 |
| EBM         | Evidence-Based Medicine                                  |
| EBN         | Evidence-Based Nursing                                   |
| ESBL-Stämme | extended spectrum $\beta$ -lactamase                     |
| GKBE        | Gesamtzahl Kolonie-bildender Einheiten                   |
| HME         | Heat and Moisture Exchange                               |
| KBE         | Kolonie-bildende Einheiten                               |
| MRSA        | Methicillin resistenter <i>Staphylococcus aureus</i>     |
| PEEP        | Positive End Expiratoric Pressure                        |
| RKI         | Robert Koch-Institut                                     |
| SOP         | Standard Operating Procedures                            |
| Staph       | <i>Staphylococcus</i>                                    |
| VAP         | Ventilator-associated pneumonia                          |

## **Zusammenfassung**

Die Wechselintervalle der Schlauchsysteme an Beatmungsgeräten werden seit Jahren diskutiert. Neben mikrobiologischen und hygienischen Aspekten stehen auch Personal- und Sachkosten im Mittelpunkt. Die Studienlage zu dieser Thematik zeigt, dass die längere Nutzung der Beatmungssysteme bei langzeitbeatmeten Patienten zu signifikant niedrigeren Kontaminationsraten im System und zu geringeren Komplikationsraten führt.

Die Analyse der Beatmungssysteme für die Narkosebeatmung hingegen wurde kaum vorangetrieben. Nationale und internationale Empfehlungen weisen große Unterschiede auf und basieren auf älteren Studien. So wird in den USA nach jedem Patienten das Schlauchsystem erneuert. In Deutschland hingegen ist eine 24-stündige Nutzung der Schlauchsysteme üblich. Für jeden Patienten soll allerdings ein neuer Bakterienfilter (HME-Filter) verwendet werden, um Kontaminationen in das System zu verhindern.

Im Rahmen einer vergleichenden Beobachtungsstudie wurden in der vorliegenden Arbeit die Kinetiken der mikrobiologischen Kontaminationen der Narkosesysteme erfasst und der Einfluss unterschiedlich langer Wechselintervalle der Schlauchsysteme dokumentiert. Die aus den Systemen isolierten Keime wurden mit den routinemäßig gewonnenen Patientenproben verglichen, um die diskutierte Vektorfunktion der Geräte zu untersuchen.

Von Montag bis Freitag erfolgte im Routinebetrieb am Ende des Operationsprogramms die Probenentnahme. Im Interventionszeitraum wurden die Schlauchsysteme montags, mittwochs und freitags nach der Probenentnahme gewechselt. In beiden Phasen wurde das freitags montierte System am folgenden Montag ausgetauscht. An einem Entnahmetag wurden bis zu 10 Säle aller im Zentral-OP vertretenen Fachdisziplinen des Universitätsklinikums Marburg untersucht. Bis auf die oben im Rahmen der Studie dargestellte Intervention wurden die Arbeitsabläufe der anästhesiologischen Abteilung nicht verändert und die narkotisierten Patienten keiner Selektion unterzogen.

Die Probenentnahme erfolgte unter keimarmen Bedingungen in Abspültechnik. Die Beatmungsschenkel wurden einzeln von der Geräte-nahen Seite aus befüllt und die Spülflüssigkeit über das Y-Stück als Ablass in einer sterilisierten Nierenschale aufgefangen.

In einem Zeitraum von 42 Tagen wurden 155 Schlauchsysteme überprüft, mit denen über 700 Patienten während der Narkose beatmet worden waren. Bei fünf routinemäßigen Schlauchwechseln pro Woche sind 69 Systemtage untersucht worden, bei denen an 8 Systemtagen Kontaminationen durch Mikroorganismen detektiert wurden. Im Interventionszeitraum wurden 252 Systemtage erfasst. An 52 Systemtagen erfolgte ein Keimnachweis. In den Sälen 7 und 10 wurden überdurchschnittlich häufig Kontaminationen nachgewiesen. Für diesen häufigen Keimnachweis konnte nach einer systematischen Untersuchung aller gasführenden Teile eine spezifische Keimquelle in definierten gasführenden Bereichen der beiden Narkosegeräte verantwortlich gemacht werden. Sowohl die Qualität, als auch die Quantität der Keime war mit den wiederholt in den Schlauchsystemen gefundenen Keimen vergleichbar.

Das Keimspektrum umfasste sowohl Feucht- und Wasserkeime als auch Trockenkeime. Die nachgewiesenen Spezies zeichnen sich durch ihr ubiquitäres Vorkommen aus. *Acinetobacter* und *Flavimonas oryzae* wurden als Keimquelle innerhalb der Narkosegeräte isoliert. Eine unentdeckte Flüssigkeitsansammlung diente diesen Keimen als Reservoir. Die nachgewiesenen Enterobacteriaceae lassen eine Kontamination durch die Bediener bei Montage oder Wartung der Geräte vermuten. Ubiquitär vorkommende Haut-, Umwelt- und Trockenkeime (Staphylokokken, Mikrokokken, Corynebakterien), ebenso wie *Candida* und *Cladosporium* lassen ähnliche Kontaminationswege vermuten.

Eine Vektorfunktion der Narkosegeräte, hier mit Fokus auf den Schlauchsystemen ist durch die vorliegende Arbeit nicht belegt, da kein Zusammenhang zwischen den Isolaten der Schlauchsysteme und den in Patientenproben gefundenen Keimen aufgedeckt werden konnte.

Die Analyse zeigte keine signifikanten Unterschiede in der Kontaminationshäufigkeit zwischen dem dreimaligen und fünfmaligen Wechsel der Beatmungsschläuche. Die mit dem Students-Test errechneten p-Werte lagen nicht im mit  $p < 0,05$  definierten Signifikanzniveau. Auch die Analyse der Dauer der Wechselintervalle zeigte



vergleichbare Ergebnisse nach 24 und 48 Stunden. Der beobachtete Anstieg der Kontaminationsrate nach 72 Stunden (längere Nutzung am Wochenende) ist möglicherweise auf den kleinen Probenumfang dieser Subgruppe zurückzuführen und nicht sicher zu beurteilen.

Aufgrund der Daten wird die Ausdehnung des Wechselintervalls auf 48 Stunden befürwortet. Es konnte keine Keimanreicherung oder eine Änderung im Keimspektrum durch die verlängerte Nutzungszeit der Schlauchsysteme nachgewiesen werden. Die aufgedeckten Keimnester in zwei Narkosegeräten und die vermuteten Kontaminationswege verdeutlichen die Forderung nach Standards für die Wartung und Aufbereitung aller Systemteile und belegen die Notwendigkeit eines strikt keimarmen Vorgehens bei der Bedienung.

# **1 Einleitung**

## **1.1 Die ökonomische Situation in der Anästhesie**

Die medizinischen Fortschritte der vergangenen 30 Jahre führten vordergründig zu einer Kostenexplosion im Gesundheitswesen der Bundesrepublik Deutschland. Bach et al. argumentieren, dass es sich in der Realität um eine Mengenexplosion handelt, die aufgrund der Entwicklungen überhaupt erst möglich wurde (BACH 1998). Dies führte zu einem starken Kostenanstieg in allen Bereichen des Gesundheitswesens (BACH 1998). Nach zwanzigjähriger Gültigkeit wurde 1992 deshalb das Krankenhausfinanzierungsgesetz durch das Gesundheitsstrukturgesetz abgelöst. Erstmals wurde das Selbstkostendeckungsprinzip verlassen und ein mengengesteuertes Finanzierungssystem eingesetzt (BUSSE 1997). Dies war der Beginn umfassender Veränderungen im Gesundheitswesen, die auch vor der Anästhesie und Intensivmedizin nicht Halt machten. Seit Beginn des Jahres 1996 wurde die Vergütung durch Fallpauschalen, Sonderentgelte, Basis- und Abteilungspflegesatz auf Grundlage der Bundespflegesatzverordnung durchgeführt. Die vorerst letzte Stufe wurde mit der endgültigen Etablierung des DRG-Systems (diagnosis-related-group) zum Jahresbeginn 2004 vollzogen.

All diese Veränderungen der gesetzlichen Finanzierung des Gesundheitssystems sind mit einem zunehmenden Kostendruck in allen Bereichen des Krankenhauses verbunden. Der erste Schritt, diesem Druck gezielt zu begegnen war eine Ist-Analyse der aktuellen Ausgabenstruktur, um im zweiten Schritt sinnvolle Sparpotentiale auszuschöpfen. Gerade für die anästhesiologischen Abteilungen ergab diese Analyse einen Anteil der Personalkosten zwischen 60 und 70 Prozent an den laufenden Kosten (BACH 1998). Daher ist die optimale Ablauforganisation Ziel vieler Untersuchungen, denn genauere Analysen der Arbeitsprozesse legten die komplexe Verzahnung verschiedener Zugehörigkeits- und Kompetenzbereiche offen.

Ein detailliertes Beispiel, wie eine solche Analyse zur Reorganisation von Arbeitsabläufen und der Etablierung eines interdisziplinären Clinical Pathway führen kann, geben Bauer et al. (BAUER 2004). Das Marburger-Modell ist das Ergebnis einer weiteren interdisziplinären Studie. Die standardisierte Beurteilung des kardiologischen Risikos und der zu veranlassenden präoperativen Diagnostik führte zur Reduzierung

von verschobenen Operationen und der dadurch entstehenden Leerlaufzeiten im OP-Bereich (KERWAT 2004). Bei all diesen Studien ist die angestrebte Kostenreduzierung nur eine Komponente, denn das Outcome der Patienten muss aus ethischen Gesichtspunkten immer mit erhoben werden. Außerdem würde eine verlängerte Liegezeit oder ein Anstieg der Komplikationsrate durch einen nur vordergründig optimierten Arbeitsprozess sogar eine Ausgabensteigerung zur Folge haben.

Auch wenn die Sachkosten nur einen kleinen Anteil an den Gesamtkosten haben, so waren einzelne Aspekte doch immer wieder Gegenstand der Diskussion.

Seit der Entwicklung von Beatmungsfiltern besteht eine Debatte über deren ökonomischen Nutzen (SCHERRER 1990; DAGGAN 1999). Verlängerte Wechselintervalle von Schlauchsystemen an Beatmungsgeräten haben im ökonomischen Sinn eine doppelte Wirkung. Neben geringeren Kosten für Wechselzeiten, Aufbreitung und Aufbewahrung wird auch durch verlängerte Wechselintervalle über geringere Raten bei den Beatmungs-assoziierten Pneumonien berichtet (KOLLEF 1995b). Durch die geringere Komplikationsrate hat dies eine verkürzte Liegezeit und ein besseres Outcome der Patienten zur Folge (DREYFUSS 1991; KOLLEF 1995a). Somit stehen sich Kosteneinsparungen und Patienteninteressen nicht mehr unvereinbar gegenüber.

Die Steigerung des Kostenbewusstseins des anästhesiologischen Personals war Ziel einer Intervention am Universitätsklinikum Heidelberg (SNYDER-RAMOS 2003). Es konnte jedoch keine dauerhafte Beeinflussung der Ausgabenstruktur durch Offenlegung der Kosten einzelner Artikel und Medikamente nachgewiesen werden. Dennoch sehen die Autoren Potentiale, in diesem Bereich effizienter zu wirtschaften.

Wie oben gezeigt hat eine aufgezwungene Kostenreduktion nicht nur negative Folgen für die Beschäftigten im Gesundheitssektor. Die wissenschaftliche Analyse von bestehenden Arbeitsprozessen und etablierten Behandlungswegen führt neben der Optimierung und Kostenersparnis oftmals zu einem nicht vermuteten Vorteil für die Patienten. Die Begrifflichkeiten EBM (evidence-based medicine) und EBN (evidence-based nursing) sollten nicht den Kostendruck im Gesundheitssystem repräsentieren, sondern motivierend für die Beschäftigten sein, diese im Sinne der Patienten zu etablieren.

## **1.2 Die maschinelle Beatmung**

Eine maschinelle Beatmung wird genutzt, um der respiratorischen Insuffizienz eines Patienten mit fehlender Spontanatmung zu begegnen. Unabhängig von der Ätiologie, ob im Rahmen einer pulmonalen Erkrankung oder im Rahmen einer medikamentösen anästhesiologischen Relaxierung, wird dieses Verfahren eingesetzt.

Zur invasiven maschinellen Beatmung muss ein Kunststofftubus über den oberen Atemtrakt in die Trachea eingeführt werden. Durch einen Cuff (Blockermanschette) wird er in der gewünschten Lage fixiert und so eine luftdichte Verbindung zwischen Beatmungssystem und den unteren Luftwegen herstellt. So ist eine Belüftung der Lunge auch ohne die Atemmuskulatur des Patienten und den physiologischen Atemtrieb möglich. Durch diese Technik werden die Schutzfunktion und die physiologische Konditionierung des Atemgases im Nasen-Rachenraum umgangen. Eine den physiologischen Bedingungen entsprechende Filtrierung, Anfeuchtung und Temperaturregulierung ist nur annähernd möglich. Ebenso ist die mukoziliäre Clearance der Trachea durch den Tubus und den luftdichten Verschluss des Cuffs unterbrochen (CRAVEN 1984). Die Wirkung dieser im Rahmen der maschinellen Ventilation unzureichenden physiologischen Schutz- und Konditionierungsmechanismen sind in Studien gut untersucht und werden für die erhöhte Inzidenz von Pneumonien nach maschineller Beatmung verantwortlich gemacht. Auch wenn es sich in allen Fällen um den Ersatz der Spontanatmung handelt, so sind doch zwei große Gruppen zu unterscheiden. Zum einen langzeitbeatmete Patienten, die im Rahmen einer anderen Erkrankung einer invasiven Beatmung bedürfen und andererseits eine maschinelle Ventilation über einen kürzeren Zeitraum, während einer anästhesiologischen Narkose. Hier ist die respiratorische Insuffizienz gezielt und schnell medikamentös herbeigeführt und wird nach Beendigung des operativen Procedere wieder aufgehoben.

## **1.3 Die beatmungsassoziierte Pneumonie**

Die beatmungsassoziierte Pneumonie (VAP, ventilator associated pneumonia) wird in der Literatur hauptsächlich im Zusammenhang mit einer Langzeitbeatmung schwerstkranker Patienten beschrieben. Ereignissen, die in den ersten Stunden der Beatmung auch unter einer operativen Beatmung stattfinden, wird eine große Bedeutung an der Pathogenese dieses divergierenden Krankheitsbildes

zugeschrieben. Einigkeit herrscht darüber, dass es sich bei der VAP um ein multifaktoriell bedingtes Geschehen handelt.

Einige Studien zeigten, dass es bei maschinell beatmeten Patienten häufig zu Aspiration von Sekreten, sowohl aus dem oro-pharyngealen System, als auch von aufsteigenden Sekreten des Magen-Darm-Traktes kommt (VALLES 1995). Durch medikamentöse Alkalisierung des Magensekretes verringert sich dessen antimikrobielle Potenz (TORRES 1995; COOK 1996; NIEDERMAN 1997), wodurch sich das Risiko einer Transposition enteraler Keime in den aerodigestiven Raum stark erhöht. Dieses Phänomen wird als gastropulmonale Hypothese beschrieben. Als weitere begünstigende Faktoren für die Entwicklung einer VAP werden flache Oberkörperlagerung, Multimorbidität, hohes Lebensalter, das Kolonisationsspektrum des Nasenrachenraumes und Ernährung mittels nasogastraler Sonde gezählt (TORRES 1992; COOK 1998; AKCA 2000; COMBES 2003).

Durch die Platzierung einer oro- oder nasogastralen Sonde und die veränderte Motilität im Intestinaltrakt kommt es häufiger zu einem retrograden Aufstieg physiologischer Intestinalkeime und somit zu einer veränderten Kolonisation des aerodigestiven Raumes. Die vermehrte Isolation gramnegativer Erreger erklärt das erhöhte Risiko einer pulmonalen Infektion, da bei pflegerischen und therapeutischen Maßnahmen die Keime an der Blockermanschette des Tubus vorbei ungehindert in die unteren Atemwege gelangen können (MAKI 1978; CRAVEN 1984). Eine weitere, viel diskutierte Ätiologie stellen bakterielle und virale Kontaminationen des maschinellen Beatmungssystems dar. Wie beschrieben sind durch die Intubation die physiologischen Schutzmechanismen des Atemtraktes nahezu vollständig umgangen, so dass es eine direkte Verbindung der pulmonalen Strukturen mit dem einströmenden Atemgas besteht. Daher ist möglicherweise einer bakteriellen Besiedelung des Beatmungssystems ein besonders hoher Stellenwert zuzumessen. Hier bleibt festzuhalten, dass nicht jede Verkeimung im luftführenden System eine klinisch relevante Infektion nach sich ziehen muss. Entscheidend hierfür ist die Art der Erreger und ihre Virulenzmechanismen (LANGEVIN 1999). Bei den isolierten Erregern im Beatmungssystem bei Langzeitbeatmung handelt es sich oftmals um Keime der endogenen Flora des Nasen-Rachenraumes oder des Gastrointestinaltraktes der Patienten. Weiterhin sind es Übertragungen aus der Umgebung des Patienten, Luftkeime oder Kontaminationen, die durch Manipulationen in das Beatmungssystem eingeschleppt werden. Diese Patienten sind oft multimorbide und durch andere Erkrankungen oder eine medikamentöse Therapie in ihrer Immunfunktion

eingeschränkt, wodurch das Risiko der Entwicklung einer pulmonalen Infektion erhöht ist. In diesem Punkt unterscheidet sich die Langzeitbeatmung von der Beatmung unter operativer Narkose (SCHLEUPNER 1992; FAGON 1993; KOLLEF 1995b).

#### **1.4 Problemstellung**

Die durch Studien gewonnenen Ergebnisse bei langzeitbeatmeten Patienten sind nicht ohne weiteres auf die Beatmung während der Narkose übertragbar. Im Operationsbereich eines Krankenhauses wird ein Narkosesystem für mehrere Patienten verwendet. Die Patienten sind über wesentlich kürzere Zeiträume an das Beatmungssystem angeschlossen und das Kollektiv ist im Durchschnitt weniger morbid. Im Gegensatz zum Beatmungssystem des langzeitbeatmeten Patienten handelt es sich bei Narkosesystemen nicht um ein offenes Beatmungssystem sondern um ein System, welches mit Rückatmung arbeitet. Ein Großteil des Expirationsvolumens wird bei der nächsten Inspiration dem Patienten erneut zugeführt, wodurch ein fast geschlossenes System aufgebaut wird. Das System kontaminierende Mikroorganismen haben durch diesen Kreislauf möglicherweise eine Chance, sich im System zu amplifizieren und in klinisch relevantem Maß auf das bronchopulmonale System überzugehen. Ein weiterer Unterschied sind die zugesetzten volatilen Anästhetika im Narkosebeatmungssystem und ein CO<sub>2</sub>-Absorber, dem eine Barrierefunktion zugemessen wird. Ein echtes antimikrobielles Potential des Atemkalkes konnte bisher nicht belegt werden (ADRIANI 1941). Nach den gültigen Richtlinien des RKI ist es bei Verwendung von Bakterienfiltern ausreichend, wenn alle 24 Stunden die Schläuche der Narkosegeräte gewechselt werden (KOMMISSION FÜR KRANKENHAUSHYGIENE UND INFektionsPRÄVENTION AM RKI 2000). Das CDC (Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, USA) empfiehlt hingegen nur die einmalige Verwendung der Schlauchsysteme, auch wenn Bakterienfilter eingesetzt werden (CDC 2004).

Der Einsatz von Bakterienfiltern in Narkosesystemen wird immer wieder unter ökonomischen Gesichtspunkten diskutiert, da trotz eines erwiesenen Rückhalts der Mikroorganismen mit einer Wahrscheinlichkeit von über 99,9% (CI 95%= 99,6-99,998%) in der praktischen Anwendung bisher keine eindeutigen Ergebnisse zur Reduktion der VAP vorliegen (LEIJTEN 1992; RICHARDS 1998; DAGGAN 1999; VEZINA 2001). Deshalb werden der Einsatz von Bakterienfiltern und die mehrfache Verwendung von Narkosesystemen immer wieder angezweifelt. Nationale und

Internationale Empfehlungen gründen oftmals auf Studien geringer Fallzahl und basieren auf anderen ökonomischen Rahmenbedingungen (HEEG 1986; TABEL 1986; IBRAHIM 1992; GROTE 1995; LACOUR 1997). Diese spiegeln möglicherweise die jetzigen Bedingungen nicht korrekt wieder und müssen durch aktuellere Untersuchungen bestätigt, ergänzt oder verworfen werden.

### **1.5 Fragestellung und Ziele der Arbeit**

Die unklare Studienlage sowie veränderte Techniken machen die Notwendigkeit einer aktuellen Analyse deutlich. Handelt sich es doch bei den Narkosesystemen möglicherweise um einen Vektor für die Übertragung pathogener Erreger von einem Patienten auf den anderen. Für diesen Infektionsweg sind viele Bedingungen zu erfüllen. Ein Erreger muss erst auf das Narkosesystem übergehen, in diesem persistieren und dann über den Luftstrom in den Atemtrakt eines anderen Patienten gelangen. Dort ist vor allem wieder die Pathogenität des Erregers entscheidend dafür, ob es zu einer klinisch relevanten Infektion der Atemwege bei einem Patienten kommt.

Der expiratorische Schlauchschenkel ist der patientennaheste Abschnitt, der während des gesamten Wechselintervalls genutzt wird. Das im inspiratorischen Anteil fließende Gas hat hingegen schon das gesamte vorgeschaltete Kreissystem durchströmt. Somit stellen Abspülproben dieser beiden Bauteile einen repräsentativen Anteil des gesamten Narkosesystems dar.

In der vorliegenden Arbeit sollten die mikrobiologischen Verhältnisse der Schlauchsysteme von Narkosegeräten erfasst und eine mögliche Veränderung bei Ausdehnung des Wechselintervalls auf 48 Stunden analysiert werden. Ein kontaminiertes Narkosebeatmungssystem führt nicht zwangsläufig zur Infektion eines Patienten (HESS 1999). Andererseits kann ein keimfreies Narkosesystem als Vektor für die Erreger der VAP nahezu ausgeschlossen werden. Somit wurde nur eine diskutierte Ätiologie untersucht und unter ökonomischen Gesichtspunkten besprochen.

Angaben der Hersteller über die Rückhaltepotenz ihrer Filter wurden in dieser Untersuchung in ihrer praktischen Anwendung überprüft, da eventuell auftretende Kontaminationen mit den Isolaten der mikrobiologischen Routinediagnostik abgeglichen wurden. So konnte überprüft werden, ob ein Keim von einem

Narkosesystem auf einen Patienten bzw. von einem Patienten auf das System übergetreten ist.

Ein weiteres Ziel war das Erkennen und Benennen optimierbarer Handlungsabläufe und Arbeitsorganisationen in der Abteilung für Anästhesie.

Damit ergaben sich für die vorliegende Arbeit folgende Fragen:

- Welche Kinetik zeigt sich für die mikrobiologische Kontamination in Narkosesystemen bei unterschiedlichen Wechselintervallen der Beatmungsschläuche?
- Gibt es übereinstimmende Isolate der Mikroorganismen zwischen den gefundenen Kontaminationen und den routinemäßig gewonnenen Patientenproben?
- Haben Operationsdauer und die Art des Eingriffs Auswirkung auf eine mögliche Kontamination der Narkosegeräte?



## **2 Material und Methoden**

### **2.1 Narkosebedingungen**

#### **2.1.1 Narkosegeräte**

Die Untersuchungen der vorliegenden Arbeit wurden ausschließlich an Narkosesystemen der Firma Dräger durchgeführt. Die Klinik für Anästhesie und Notfallmedizin verwendet in den Operationssälen vorwiegend Narkosegeräte der Modelle Cicero EM und Primus. Durch routinemäßige Wartungsarbeiten kam während einiger Zyklen in Saal 8 das Model CATO zum Einsatz (alle: Dräger Medical AG & CO. KGaA; 23542 Lübeck). Alle Systeme sind elektronisch angetriebene und elektronisch gesteuerte Kolben-Zylinder-Ventilatoren. Sie erlauben den Zusatz volatiler Anästhetika und messen sowohl die inspiratorischen als auch expiratorischen Konzentrationen von O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O und der zugesetzten Anästhetika (Infrarot-Spektrometrie). Das gewünschte Gasgemisch wird hergestellt und seine Zusammensetzung kontinuierlich überprüft. Weiterhin kann der Flow (Hitzedraht-Anemometrie) und der Druck (piezoresistiv) des Atemgases sowie der Verlauf eines Atemzyklusses mikroprozessorgesteuert eingestellt und überprüft werden. Ähnlich wie bei üblichen Beatmungsgeräten auf Intensivstationen sind PEEP (positive end-expiratoric pressure) und weitere Beatmungsmodifikationen, z.B. volumen- oder druckkontrollierte Narkosebeatmung, für jeden Patienten individuell möglich. Die gemessenen Parameter werden fortlaufend visuell aufbereitet auf dem Display des Narkosegerätes angezeigt und ermöglichen zeitnahe Reagieren. Der Gasfluss findet nur in einem kleinen Kreisteil des Gerätes statt. Das Zentrum bildet der Steuerkopf, in dem sich alle Ventile und die Flowsensoren befinden. Der im System verwendete CO<sub>2</sub>-Absorber (Atemkalk) wird in Abhängigkeit von der inspiratorischen CO<sub>2</sub>-Konzentration (>2mmHg) ersetzt; im Durchschnitt sind im Routinebetrieb eines Operationssaales zwei Wechsel pro Woche erforderlich (maximal ein Wechsel pro Tag). Für jeden Patienten wird zwischen Beatmungssystem und Beatmungstubus ein HME-Filter des Models Humid-Vent® Filter Compact S (Hudson RCI; 53797 Lohmar) verwendet. Dieser wird zur Narkoseeinleitung genutzt und anschließend mit dem Patienten in den Operationssaal überführt. Nach Operationsende wird dieser für eine notwendige Nachbeatmung beim Patienten belassen oder entsorgt.

### **2.1.2 Narkosetechniken**

Um ein möglichst weites Spektrum an Narkosetechniken für die Ausbildung des Personals und spezielle Fragestellungen bereit halten zu können, gleichzeitig aber keine neuen wissenschaftlichen Erkenntnisse zu übersehen, wurden in der Klinik für Anästhesie und Intensivmedizin SOPs (standard operating procedures) ausgearbeitet. Diese weisen das Personal im Stufenschema der Operationsrisiken an, verschiedene medikamentöse Standards und angepasstes apparatives Patientenmonitoring anzuwenden. So wurden für jedes am Universitätsklinikum vertretene operative Fach eigene Leitlinien für die Narkosebehandlung des jeweiligen Patientenkollektivs erarbeitet (vgl. [www.uni-marburg.die-narkose.de](http://www.uni-marburg.die-narkose.de)). Bei fast allen Narkosen wird mit einem halbgeschlossenen, oftmals sogar fast geschlossenen Rückatmungssystem gearbeitet. Als volatile Anästhetika stehen Isofluran, Sevofluran, Desfluran und Lachgas (N<sub>2</sub>O) zur Verfügung. Auch ausschließlich intravenöse Anästhesieverfahren (TIVA) sind in die Standards integriert. In den untersuchten Sälen kommen orotracheale Tuben mit und ohne Blockermanschette und Larynxmasken zum Einsatz. Bei kürzeren Eingriffen wird auch die klassische Maskenbeatmung angewendet.

### **2.1.3 Schlauchsysteme**

#### **2.1.3.1 Thermodesinfizierte Silikonschläuche**

Im Zentral-OP des Universitätsklinikums Marburg kommen Wendelschläuche verschiedener Hersteller aus Silikon zum Einsatz (hauptsächlich: Dräger Medical AG & CO. KGaA; 23542 Lübeck und Willy Rüschi GmbH; 71394 Kernen). Auch wenn diese von unterschiedlichen Herstellern stammen, so sind sie in ihren Eigenschaften und der Materialbeschaffenheit sehr ähnlich und in der Studie durchaus als eine in sich geschlossene Gruppe anzusehen. Die Beatmungsschläuche werden täglich gewechselt und desinfizierend aufbereitet (Waschen im PURFACTOR (Dräger Medical AG & CO. KGaA; 23542 Lübeck): Waschprogramm für Anästhesiezubehör 94 °C). Nach dem Trocknen werden die Einzelschläuche hängend in Schränken der Operationssaal-Einleitung gelagert. Während der Operationspausen ist das Y-Ende des Schlauches an einer Vorrichtung des Beatmungsgerätes befestigt und darüber fest verschlossen. Die Schläuche werden so lange wiederaufbereitet und eingesetzt, bis es bei der Dichtigkeitsprüfung der Narkosesysteme zu einer Leckage kommt.

### **2.1.3.2 Einmalschlauchsysteme**

Neben den konventionellen Schlauchsystemen kommen in der anästhesiologischen Abteilung Einmalschlauchsysteme zum Einsatz. Diese finden Verwendung in den beiden Operationssälen der Klinik für Neurochirurgie. Es handelt sich in beiden Fällen um Schlauch-in-Schlauch-Systeme (InEx; geschlossenes Schlauch-in-Schlauch-System; 2,0 m; Dahlhausen GmbH; 50996 Köln bzw. Anaesthesie-Beatmungssystem Uniflow; Coaxial 2,4 m; Intersurgical; Wokingham Berkshire). Diese haben aufgrund ihrer Länge den Vorteil, dass während des Eingriffs das Narkosegerät am Fußende des Patienten verbleibt. Vorteilhaft sind zudem das wesentlich geringere Gewicht und das verbesserte Handling des Schlauch-in-Schlauch-Systems bei neurochirurgischen Interventionen.

### **2.1.3.3 Wechselintervalle**

Die Richtlinie zur Prävention der nosokomialen Pneumonie wird zurzeit in der Klinik für Anästhesie und Intensivmedizin wie folgt umgesetzt: Nach Abschluss des täglichen Routineprogramms wird in den Operationssälen das vorhandene Schlauchsystem einschließlich der Zuleitung zum Reservebeatmungsbeutel gewechselt. Es wird dann ein thermodesinfiziertes Silikonschlauchsystem zusammengebaut bzw. ein Einmalschlauchsystem direkt montiert. Das patientennahe Ende wird über einen Konus fest verschlossen und das System nach Leckagetest in den Stand-by-Modus gefahren. Außerhalb des Routineprogramms erfolgen nur notfallmäßige Operationen. Ansonsten bleibt das Gerät bis zum Einsatz für das OP-Programm am nächsten Tag ungenutzt. Freitags erfolgt ebenfalls ein Wechsel der Schlauchsysteme. Am Wochenende gibt es in den meisten Sälen kein Operationsprogramm, so dass der nächste routinemäßige Wechsel erst am folgenden Montag stattfindet. Sollte es bei Eingriffen am Wochenende zu einer sichtbaren Verschmutzung der Schlauchsysteme kommen, so werden diese eigenverantwortlich von den betreuenden Pflegekräften der Abteilung gewechselt.

Die vorliegende Studie wurde als vergleichende Beobachtungsstudie gestaltet. Zum einen wurde der routinemäßige Wechsel der Systeme untersucht. Von Montag bis Freitag erfolgte jeweils vor dem Wechsel der Beatmungsschläuche eine Probenentnahme im Inspirations- und Expirationsschenkel des Beatmungssystems in Abschwemmetechnik. Somit konnten vier Intervalle à 24 Stunden untersucht werden und ein Intervall von ca. 72 Stunden Dauer (Wochenende, Fr-Mo). Mit zeitlichem

Abstand wurde für den Interventionszeitraum jeweils der Wechsel der Schlauchsysteme am Montag, Mittwoch und Freitag angesetzt. Auch hier erfolgte nach vorangegangener Probenentnahme im Inspirations- und Expirationsschlauch die Erneuerung der Schlauchsysteme. Somit wurden pro Woche ebenfalls ein 72-stündiges Intervall (Wochenende) und zwei Intervalle à 48 Stunden analysiert. Im Anschluss an die Interventionsphase erfolgte in denselben Sälen eine weitere Analyse der Kontaminationsrate bei routinemäßigem Systemwechsel. Auf ein einheitliches Intervall von 24 bzw. 48 Stunden wurde verzichtet, da dieses im Routineablauf nur schwer zu realisieren ist. Des Weiteren könnte eine längere Standzeit der Systeme am Wochenende für eine Keimamplifikation verantwortlich sein, die in diesem Studiendesign ebenfalls berücksichtigt ist.

## **2.2 Selektion der OP-Säle**

In der Untersuchung wurde angestrebt, in jedem Zyklus Proben aus 10 Operationssälen zeitgleich zu entnehmen. Dazu wurden Säle aller Kliniken des Zentrums für Operative Medizin (ZOM) in der Studie erfasst. Die Probenentnahme erfolgte in drei Sälen, die hauptsächlich von der Klinik für Viszeral-, Thorax- und Gefäßchirurgie genutzt werden. Desweiteren jeweils zwei Säle, in denen vorwiegend unfallchirurgische bzw. neurochirurgische Patienten operiert werden. Außerdem ein Operationssaal der Klinik für Urologie, der Klinik für Orthopädie sowie der Klinik für Herz- und thorakale Gefäßchirurgie wurden in der Untersuchung überprüft (*Tabelle 7*). Somit wurde eine repräsentative Auswahl getroffen, um die verschiedenen Operationsgebiete und ein möglichst breites Patientenkollektiv zu analysieren.

## **2.3 Patienten**

Für die vorliegende Arbeit wurden keine Patienten selektiert. Die Patienten, die während der Studie an den Narkosegeräten beatmet wurden, waren Patienten, die sich regulär einer Operation unterzogen. Es wurden, abgesehen vom verlängerten Wechselintervall der Beatmungsschläuche, keine bestehenden Arbeitsorganisationen verändert. Es erfolgte nur die in der Abteilung für Anästhesie übliche Dokumentation. Über das zentrale Krankenhausinformationssystem (Orbis) des Klinikums konnten retrospektiv die narkotisierten Patienten im jeweiligen Saal analysiert werden. Für den Abgleich der Isolate aus den Narkosesystemen mit denen der Patienten wurde nur auf die von den Stationen angeforderte mikrobiologische Diagnostik zurückgegriffen.

## **2.4 Probenentnahme**

### **2.4.1 Material**

- Ringer-Lactat-Lösung (B. Braun Melsungen AG; 34209 Melsungen)
- Steriles Probenröhrchen (greiner bio-one)
- Sterile Spritzen 5 ml + 50 ml (B. Braun Melsungen AG; 34209 Melsungen)
- Sterilisierte Nierenschale
- MASTAWAB-Transportmedium (Mast Diagnostica GmbH, Reinfeld)  
Steriles Entnahmeröhrchen mit Stewart-Transportmedium und integriertem  
Entnahmewatteträger

### **2.4.2 Durchführung**

#### **2.4.2.1 Abspülproben der Beatmungsschläuche**

Die Abnahme des Beatmungsschlauches vom Narkosegerät erfolgte nach gründlicher Desinfektion der Hände und Unterarme. Auf sterile Handschuhe wurde verzichtet, da in der Vorphase bei gleichem Vorgehen keine Kontaminationen durch Keime der Hautflora beobachtet wurden. Entsprechend den hygienischen Bestimmungen wurden vom Untersucher Bereichskleidung, Mundschutz und OP-Haube getragen.

Mit Hilfe einer sterilen Spritze wurden zuerst 50 ml Ringer-Lactat-Lösung in den Inspirationsschenkel von der Geräte-nahen Seite aus eingebracht. Die Wassersäule wurde durch Schwenken bis zum Patienten-nahen Schlauchende geführt; dann zurück bis in den Anschlussstopfen des Geräte-nahen Endes. Dieser Vorgang wurde für 30 Sekunden wiederholt, um eine Ablösung von Biofilmen zu erreichen. Die Spülflüssigkeit wurde zusätzlich im Schlauch geschüttelt, ohne dass jedoch Spülflüssigkeit austreten durfte. Das Patienten-nahe Schlauchende wurde mit dem Y-Stück als Auslassöffnung über eine sterilisierte Nierenschale geführt um die gesamte Spülflüssigkeit aufzufangen. Das gleiche Procedere wurde anschließend mit dem Expirationsschenkel durchführt. Von den so gewonnenen Proben wurden ca. 5 ml je Probe mit einer sterilen Spritze in ein Transportgefäß überführt. Die fest verschlossenen Gefäße wurden nach Entnahme aller Proben aus dem OP-Bereich in das Labor überführt, wo umgehend die Anzüchtung der Keime erfolgte.

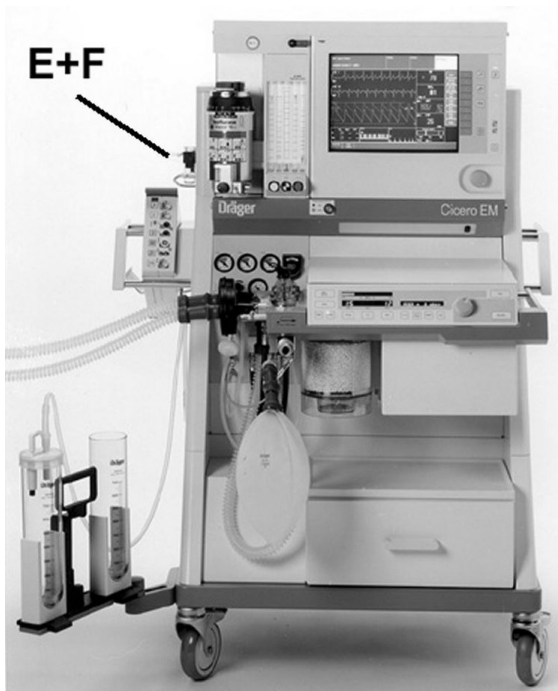
#### 2.4.2.2 Narkosegeräte

Proben aus den Narkosegeräten selbst wurden nur an zwei Tagen parallel zu den Abspülproben aus den Schlauchsystemen gewonnen. Mögliche Nester für Mikroorganismen sollten auf diese Weise aufgedeckt werden. Waren Abspülproben wie bei den Schlauchsystemen aus baulichen Gründen nicht möglich, wurden sterile Wattetupfer benutzt. Diese wurden vor dem Abstrich mit Ringer-Lactat-Lösung angefeuchtet und nach Probenentnahme in das mitgelieferte Transportröhrchen eingebracht und der Analytik zugeführt. Bei der Probenentnahme wurde darauf geachtet, dass nur Flächen berührt wurden, die während der regulären Nutzung der Geräte im Kontakt mit dem zirkulierenden Gas standen.

Die Steuerköpfe der Typen Cicero EM und Primus wurden an einem Tag demontiert, so dass darunter liegende Bauteile offen lagen und Proben entnommen werden konnten. Da sich beide Geräte geringfügig unterscheiden, waren leicht unterschiedliche Entnahmestellen nötig. An der Cicero EM (*Abbildung 1/1 bis 1/4*) wurde die Ventilplatte (*siehe: Markierung A*) mit einem Abstrichtupfer, der mehrere Male in verschiedene Richtungen über die gesamte Platte geführt wurde, untersucht. An allen anderen Entnahmestellen waren Abspülproben möglich, bei denen vergleichbar mit den Proben an den Schlauchsystemen, die Spülflüssigkeit in sterilen Nierenschalen aufgefangen wurde und ca. 5 ml Aliquot in ein Transportröhrchen überführt wurden. Durch leichtes Kippen der abgehobenen Steuerköpfe wurden Inspiration (*B*) und Expiration (*C*) von innen nach außen gespült. Ebenso wurde Spülflüssigkeit in die Rollmembran des Ventilators (*D*) gegeben und nach kurzem Schwenken wieder abgezogen. Weitere Proben wurden an der Wasserfalle der Messgasabsaugung (*E*) und dem dazugehörigen Schlauch (*F*) genommen.

Am Typ Primus (*Abbildung 2/1 bis 2/4*) wurden mit Hilfe des Watteträgers Proben an der Ventilplatte (*G*) und dem Deckel des Atembalges (*H*) in oben beschriebener Form genommen. Abspülproben waren auch bei diesem Typ an der Inspiration (*J*), Expiration (*K*), der Rollmembran (*L*) und der Wasserfalle der Messgasabsaugung (*M*) möglich.

Ohne Demontage der Steuerköpfe wurden an einem Tag in fünf Sälen Watteträger nach Abnahme der Schläuche an der Innenseite deren Ansatzstück eingeführt, um Proben zu entnehmen. Der Entnahmeort ist mit dem der Abspülproben vergleichbar.



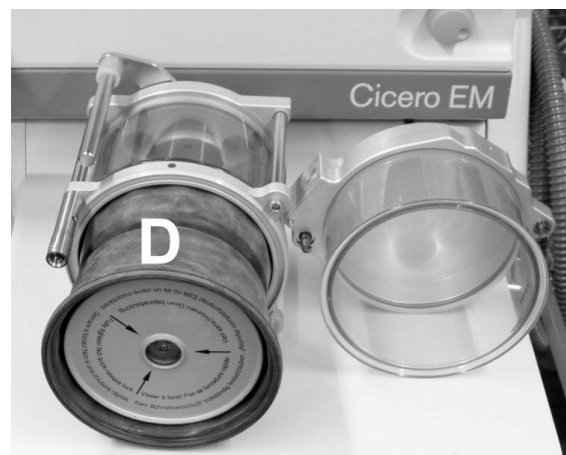
**Abbildung 1.1: Cicero EM**



**Abbildung 1.2: Ventilplatte abgehoben,  
Blick auf Ventile**



**Abbildung 1.3: Aufsicht auf das  
gesamte Kreisteil**



**Abbildung 1.4: Ventilator-Rollmembran  
mit Führung**

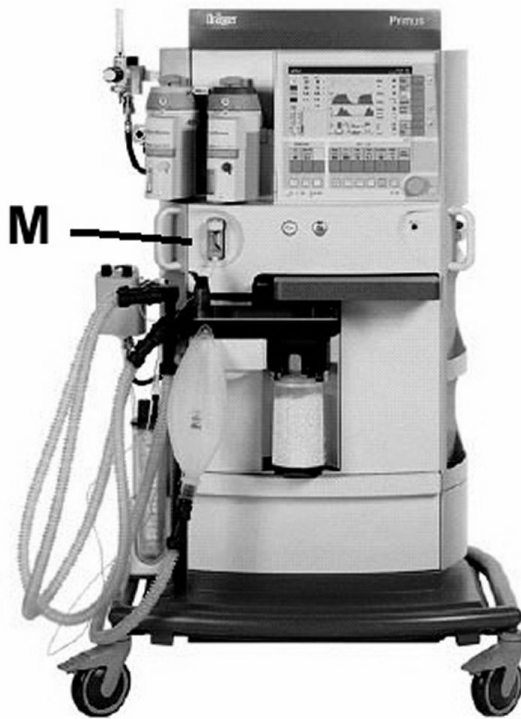


Abbildung 2.1: Primus

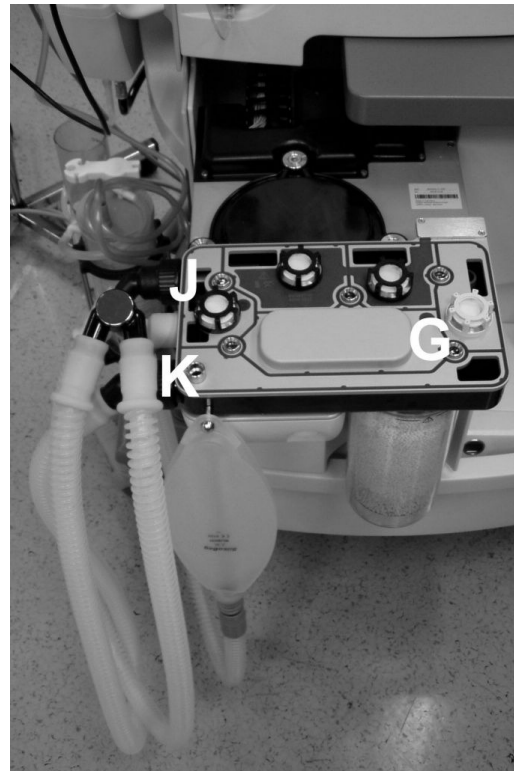


Abbildung 2.2: Aufsicht auf die freigelegte Ventilplatte

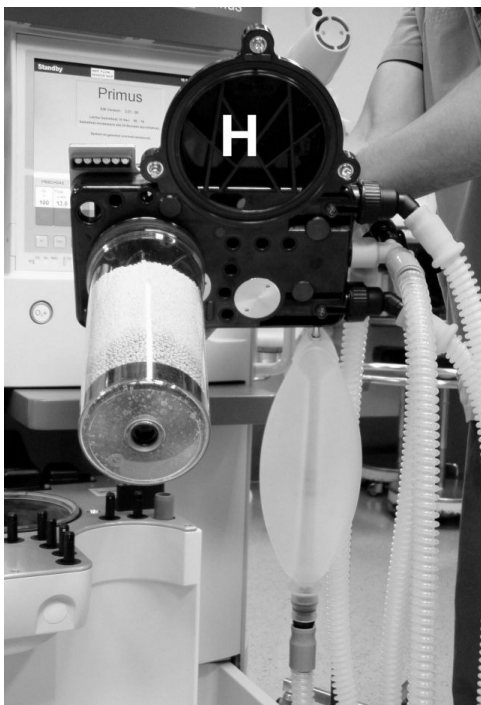


Abbildung 2.3: Abgehobener Deckel mit Schlauchsystem



Abbildung 2.4: Ventilator-Rollmembran und Ventilebene



## 2.5 Mikrobiologische Analyse

### 2.5.1 Quantitative Analyse

#### 2.5.1.1 Material

- Thioglykolat-Flüssig-Medium (Becton, Dickinson and Company; Sparks, Maryland 21152 USA)  
Halbflüssiges, universelles Medium mit 0,5% Agar-Anteil zur Anzucht aerober und anaerober Bakterien.
- Columbia-Blutagar (Becton Dickinson GmbH; BD Diagnostics 69126 Heidelberg)  
Universelles Festmedium zur Anzucht und zusätzlich zum Nachweis einer Hämolyse durch die gewachsenen Bakterien.
- Kochblutagar (Becton Dickinson GmbH; BD Diagnostics 69126 Heidelberg)  
Festmedium zur kulturellen Anzucht auch sehr labiler Mikroorganismen.
- MacConkey-Agar (Becton Dickinson GmbH; BD Diagnostics 69126 Heidelberg)  
Selektivagar für gramnegative Enterobakterien.
- Sabouraud-Agar (Becton Dickinson GmbH; BD Diagnostics 69126 Heidelberg)  
Universalnährboden mit hohem Kohlehydratgehalt (Maltose, Dextrose) zur Anzüchtung von Hefen und Schimmelpilzen. Der pH Wert von 5,6 und die Zugabe von Antibiotika (Penicillin, Streptomycin) hemmen das Wachstum von Bakterien.
- Mikroaerophilie System (Becton, Dickinson and Company; Sparks, Maryland 21152 USA; BENEX Limited; Shannon, County Clare, Ireland)
- RES-Mineralbasis

|                                 |  |         |
|---------------------------------|--|---------|
| <b>Aqua destillata</b>          |  | 1000 ml |
| <b>Natriumchlorid</b>           | NaCl   | 5,0 g   |
| <b>Magnesiumsulfat</b>          |  | 0,2 g   |
| <b>Ammoniumhydrogenphosphat</b> |  | 1,0g    |
| <b>Kaliumdihydrogenphosphat</b> | KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>                    | 1,0 g   |
| <b>Herstellung:</b>             | Salze lösen, abfüllen zu 7 ml. Dann autoklavieren. |         |

### **2.5.1.2 Durchführung**

#### **2.5.1.2.1 Beimpfen der Nährmedien**

Jeweils 0,5 ml der Probe wurden nach gründlicher Durchmischung auf Columbia-, MacConkey- und Kochblutagarplatten aufgebracht und mit einem sterilisierten Drigalskispatel ausplattiert.

In die Thioglykolat-Nährlösung wurden jeweils ca. 1,0 ml Aliquot gegeben, um später Kontaminationen der Agarplatten von Keimen in den Proben zu unterscheiden und um auch geringere Keimzahlen durch Trübung nachweisen zu können.

Die Proben wurden für 48 Stunden im Brutschrank bei 37°C belassen. Die Kochblutplatten wurden vorher als mikroaerophile Kultur zusätzlich in Gastöpfe unter 5-10% CO<sub>2</sub>-Atmosphäre zur Bebrütung eingebracht.

#### **2.5.1.2.2 Quantifizierung**

Nach 48 Stunden wurden die Kolonien auf dem Columbiaagar bzw. der Kochblutplatte ausgezählt und als GKBE/ml in der Dokumentation festgehalten. Bestand der Verdacht auf eine Kontamination, wurde die betreffende Thioglykolat-Nährlösung mit einem Drei-Ösen-Ausstrich auf Columbia- und MacConkey-Agar gebracht. Zeigten diese nach 24 Stunden Bebrütung bei 37°C keine Kolonien, handelte es sich bei den Keimen auf den Probenplatten um Kontaminationen, die bei der Kultivierung eingebracht wurden.

#### **2.5.1.2.3 Aufstellen einer Verdünnungsreihe**

War ein Auszählen der Kolonien wegen einer starken Koloniedichte nicht möglich, wurde von der Probe eine 5-stufigen Verdünnungsreihe von 1:10<sup>1</sup> bis 1:10<sup>5</sup> angelegt. Die verwendeten Columbia-Blutagarplatten wurden nach 24 Stunden Inkubation bei 37°C auf Wachstum von Bakterien überprüft und die Kolonien entsprechend quantifiziert und für die qualitative Analytik bearbeitet.

#### **2.5.1.2.4 Isolation und Amplifikation**

Um eine exakte bakteriologische Keimdifferenzierung durchführen zu können, mussten Reinkulturen vorliegen. Dazu wurde jeweils von den gewachsenen Keimen eine charakteristische Einzelkolonie auf MacConkey- und Blutagarplatte mit dem Drei-

Ösen-Ausstrich aufgebracht. Mikroskopisch identifizierte Dermatophyten oder Hefen wurden auf Sabouraud-Agarplatten ausgestrichen. Nach erneuter Inkubation über 24 Stunden Dauer bei 37°C bzw. von Hefen und Schimmelpilzen bei 30°C erfolgte die Identifizierung der Isolate mit kommerziellen Testsystemen.

## 2.5.2 Qualitative Analytik

### 2.5.2.1 Material

- Gram-Färbung

|                               |                     |    |           |
|-------------------------------|---------------------|----|-----------|
| <b>Kristallviolett-Lösung</b> | Kristallviolett     |    | 10,0 g    |
| (1. Färbung)                  | Ethanolum absolutum | ad | 500,0 ml  |
| <b>Lugol Lösung</b>           | Jod-Kaliumchlorid   |    | 6,0 g     |
| (Beize)                       | Jod                 |    | 3,0 g     |
|                               | Aqua destillata     | ad | 900,0 ml  |
| <b>Ethanol</b>                | Ethanol 95 %        |    |           |
| (Entfärbung)                  |                     |    |           |
| <b>Safranin</b>               | Safranin            |    | 10,0 g    |
| (Gegenfärbung)                | Aqua destillata     | ad | 1000,0 ml |

- Oxidase Slide (Becton, Dickinson and Company; Sparks, Maryland 21152 USA)  
N,N,N',N'-Tetramethyl-p-phenyldiamin-Dihydrochlorid, Ascorbinsäure

- Katalase Reagenz

3%-ige Wasserstoffperoxyd (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) in isotonischer Kochsalzlösung

- Spot Indole Reagent (Genzyme Virotech GmbH, 65428 Rüsselsheim)

|                                     |          |
|-------------------------------------|----------|
| <b>p-Dimethylaminocinnamaldehyd</b> | 10,0 g   |
| <b>Salzsäure</b>                    | 100,0 ml |
| <b>Entmineralisiertes Wasser</b>    | 900,0 ml |

- BD-CRYSTAL-Kit (BENEX Limited; Shannon, County Clare, Ireland)

(Identifizierungssysteme für Bakterien)

Deckel für die BD-CRYSTAL ID-Panels

BD-CRYSTAL Untersätze

Röhrchen mit BD-CRYSTAL ID-Inokulationsflüssigkeit

Jedes Röhrchen enthält etwa 2,3 ± 0,15 mL Inokulationsflüssigkeit folgender

Zusammensetzung:

**Test-Kit für grampositive Bakterien (GP)**

|  |    |           |
|--|----|-----------|
| KCl  |    | 7,5 g     |
| CaCl <sub>2</sub>  |    | 0,5 g     |
| Tricin N-[2-Hydroxy-1, 1-bis (Hydroxymethyl)-Äthyl] Glycin |    | 0,895 g   |
| Aqua destillata  | ad | 1000,0 ml |

**Test-Kit für Enterobakterien und nonfermentative Bakterien (E/NF)**

|                               |    |           |
|-------------------------------|----|-----------|
| NaCl                          |    | 8,50 g    |
| 3-Morpholinpropan-Sulfonsäure |    | 0,8372 g  |
| Aqua destillata               | ad | 1000,0 ml |

Inkubationsschalen

Je eine Farbreaktionstabelle und Ergebnisbogen für das BBL-CRYSTAL-System

Sterile Baumwolltupfer

Inkubator (35 °C bis 37 °C), CO<sub>2</sub>-frei (40 bis 60 % Luftfeuchtigkeit)

McFarland Standard Nr. 4 und Nr. 5

BD-CRYSTAL Panel-Betrachter

Elektronisches Codebuch für das BD-CRYSTAL ID-System

Ergebnis der Oxidase- und Indolreaktion (E/NF)

Ergebnis einer Gram-Färbung (GP)

- Rapid Yeast-Testplatte (Dade Behring Marburg GmbH, 35041 Marburg)  
(System zur Identifizierung von Hefen und hefeähnlichen Spezies)  
Rapid-Hefebestimmungsplatten  
Inokulumwasser (Aqua destillata, demineralisiert)  
Natriumhydroxid  
Hefe-Trübungsstandard  
Abdeckplatte  
Inkubator (35 °C bis 37 °C), CO<sub>2</sub>-frei  
Peptidase-Reagenz  
Natriumhydroxyd-Lösung  
autoSCAN®-4 Lesegerät  
Micro-Scan ® Yeast Biotyp-Codebuch

### **2.5.2.2 Durchführung**

Die in der vorliegenden Arbeit verwendeten Verfahren sind Techniken der mikrobiologischen Routinediagnostik zur Klassifikation von Keimen in potentiell polymikrobiellen Proben. Im ersten Schritt erfolgte die kulturelle Anzucht auf verschiedenen Nährmedien einschließlich Selektivnährmedien aus der Enterobakteriologie. Eine Differenzierung der kulturell angezüchteten Mikroorganismen erfolgte mittels Gram-Färbung und durch Analyse der biochemischen Stoffwechselfotentiale der Bakterien durch kommerzielle Schnelltestsysteme.

#### **2.5.2.2.1 Einfache biochemische Testverfahren**

Die Unterscheidung nach morphologischen Kriterien, wie Form und Verhalten bei der Gram-Färbung, erlaubten lediglich eine grobe Klassifizierung. Zur weiteren Unterscheidung wurde das biochemische Potential der isolierten Bakterien untersucht. Auf die Anwendung der klassischen „Bunten Reihe“ wurde aus Gründen der Praktikabilität und der vorhandenen Logistik in der vorliegenden Arbeit verzichtet.

Die folgenden Testverfahren kamen im Rahmen der kommerziellen Testsysteme zum Einsatz, die auf das zusätzliche Ergebnis der aufgeführten biochemischen Reaktionen angewiesen sind: Oxidase Test, Katalase-Reaktion, Spot Indole Test. Die verwendeten Chemikalien und die Zusammensetzung der Fertigreagenzien sind unter 2.5.2.1 aufgeführt.

#### **2.5.2.2.2 Kommerzielle biochemische Testverfahren**

Diese Testsysteme stellen Modifikationen der „Bunten Reihe“ dar. Dehydrierte Substrate sind in einem Panel zusammengefasst. So können 29 (GP) bzw. 30 (E/NF) Stoffwechselwege parallel untersucht werden. Zur Anwendung kommen die Verstoffwechselung von Kohlenhydraten, enzymatische Hydrolysen und oxidative Desaminierungen. Sichtbar werden die Reaktionen durch Farbumschlag eines pH-Indikators, Präzipitation der Produkte oder Umsetzung chromogener oder fluoreszierender Substrate.

Auf standardisierte Weise werden Enzymmuster der isolierten Bakterien nachgewiesen und ergeben eine phänotypische Charakterisierung.

#### **2.5.2.2.2.1 Bakterien-Identifizierungssystem**

##### **Durchführung**

Unter aseptischen Bedingungen wurden mehrere morphologisch gleiche Kolonien mit einem sterilen Baumwolltupfer von einer Agarplatte entnommen und in einem Röhrchen mit spezifischer Inokulationsflüssigkeit resuspendiert. Nach Homogenisierung über 10-15 Sekunden wurde das Reservoir eines vorher mit der Probennummer versehenen Untersatzes mit der gesamten Suspension befüllt. Entlang der Laufspur wurden alle Vertiefungen gleichmäßig mit der Flüssigkeit beschickt. Nicht mehr benötigtes Inokulum wurde zurück in das Reservoir des Untersatzes überführt, dieser mit einem Deckel fest verschlossen und die beimpften Panels in einem CO<sub>2</sub>-freien Brutschrank inkubiert. Die vom Hersteller empfohlene Inkubationszeit für die Panels betrug bei 35 bis 37 °C 18-24 Stunden bei gram-positiven Bakterien (GP) und 18-20 Stunden für die Detektion von Enterobakterien und nonfermentativen Bakterien (E/NF). Mit Hilfe des BBL CRYSTAL Panel-Betrachters konnten die Crystal abgelesen werden. Dies geschah entweder unter weißem Licht oder unter einer UV-Lampe. Zur Interpretation der Reaktionen wurden die Farbreaktionstabellen benutzt und die Reaktionen auf dem Berichtsbogen dokumentiert. Allen negativen Testergebnissen wurde der Zahlenwert null zugeordnet. Einem positiven Ergebnis wurde entsprechend der Reihe, in der sich der Test befand, ein Wert von 1,2 oder 4 zugeordnet. Durch Summierung der in jeder Spalte dokumentierten Testergebnisse (Zahlenwerte) ergab sich eine zehnstellige Profilnummer. Diese wurde durch oben beschriebene Testergebnisse (Gram-Färbung, Indoltest und Oxidase-Testreaktion) ergänzt und in das elektronische Codebuch für das BD-CRYSTAL ID-System eingegeben. Für das errechnete Stoffwechselprofil wurde die passende Keimspezies und die Wahrscheinlichkeit der Richtigkeit mit alternativen Ergebnissen ausgegeben.

#### **2.5.2.2.2.2 Hefen-Identifizierungssystem**

Ebenso wie das BD-CRYSTAL ID-Panel nutzt auch die Rapid Yeast-Testplatte chromogene und modifizierte herkömmliche Tests zur Identifizierung von Hefen aus klinischem Probenmaterial. Auf die Testplatte sind 27 Substrate in 96 Testfeldern aufgebracht. Die Verwertung von Kohlenhydraten, die enzymatische Hydrolyse und andere enzymatische Spaltungen werden durch Farbumschlag eines Indikators oder Freisetzung eines chromogenen Produkts detektierbar.

### Durchführung

Die gewachsenen Keime wurden mit einer Platinimpföse von der Sabouraudagarplatte in das Inokulumwasser überführt. Nach Homogenisierung wurde die Emulsion mit dem MicroScan® Hefe-Trübungsstandard verglichen und eventuell weiteres Keimmaterial emulgiert, bis eine Übereinstimmung der Trübung erreicht wurde. Jedes Substratfeld wurde mit 50 µl Hefesuspension beschickt und die Platte anschließend mit einer Abdeckplatte verschlossen. Über einen Zeitraum von 4 Stunden erfolgte die Inkubation bei 35 bis 37 °C unter CO<sub>2</sub>-freien Bedingungen. Vor dem Ablesen wurden entsprechend der Arbeitsanweisung des Herstellers einige Testfelder mit Peptidase-Reagenz bzw. Natriumhydroxyd-Lösung versetzt. Die Platten wurden mit dem autoSCAN®-4 abgelesen wodurch das Berechnen der Profilnummer entfiel. Vergleichbar mit der Identifizierung der Bakterienspezies erfolgte ein Computerausdruck, der die bestimmte Hefespezies und die mögliche Wahrscheinlichkeit alternativer Ergebnisse enthielt.

### 2.6 Statistik

Bei der ersten Analyse im Routinebetrieb konnten keine Mikroorganismen nachgewiesen werden. Dies gestaltete die mathematische Berechnung der Fallzahl überaus schwierig. Es war im Vorfeld nicht möglich eine tolerierbare Keimzahl anzugeben, da das pathogene Potential der verschiedenen Mikroorganismen sehr unterschiedlich ist. Die Bestimmung einer Art „Schwellendosis“ oder sonstiger Zielintervalle, wie sie für die Berechnung benötigt würde, war in diesem Fall nicht möglich. Daher wurde für diese Arbeit das Non-inferior-Design bevorzugt. Die Fallzahlplanung wurde in Anlehnung an die Arbeiten gemacht, die der RKI-Richtlinie zu Grunde liegen. Für den Interventionszeitraum wurden 200 Abspülproben gefordert.

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Students-Test (t-Test für unverbundene Stichproben). Es wurden für verschiedene Zusammenstellungen innerhalb der Gesamtprobenmenge jeweils die p-Werte mit den dazugehörigen Standardabweichungen berechnet. Weiterhin kamen Verfahren der deskriptiven Statistik zum Einsatz.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Überblick

Für die vorliegende Arbeit wurden insgesamt 310 Abspülproben der Schlauchsysteme angefertigt. Dadurch konnten 155 Schlauchssysteme innerhalb eines Zeitraums von 42 Tagen erfasst werden. In den ausgewählten Sälen unterzogen sich in der Untersuchungsphase über 700 Patienten einer Operation mit Inhalationsnarkose.

Zur Berechnung der Kontaminationsrate wurde das Ergebnis einer Probenentnahme auch für die zurückliegenden Tage im Intervall herangezogen, an denen keine Entnahme stattfand. Wenn eine Probe am Montag eine Verkeimung aufwies, so wurde auch für Samstag und Sonntag in diesem Saal ein kontaminiertes Schlauchssystem dokumentiert. War bei der Entnahme am Mittwoch kein Keim mehr nachweisbar, wurde entsprechend für Dienstag und Mittwoch ein keimfreies System angenommen. Dieses Vorgehen dient der besseren Vergleichbarkeit der unterschiedlich langen Nutzung der Beatmungsschläuche.

Im Folgenden werden zur Beschreibung dieses Schritts die Begriffe keimfreie bzw. verkeimte Systemtage genutzt.

Um die mikrobiologische Analyse möglichst zeitnah zur Probenentnahme beginnen zu können, wurde manchmal auf eine Entnahme in einzelnen Sälen verzichtet. Notfalleingriffe oder unvorhersehbar langwierige Operationen waren daher der häufigste Grund für eine fehlende Analyse. Weiterhin kam es vor, dass Schlauchsysteme schon vor Probenentnahme erneuert wurden. Konnte aus den dokumentierten Gründen (*Tabelle 1-3*) keine Probenentnahme durchgeführt werden, so wurde dieses Intervall von den Berechnungen ausgeschlossen.

Die Ergebnisse aus den beiden Zeiträumen, in denen der routinemäßige Wechsel untersucht wurde, sind für die Berechnungen zusammengefasst worden. Daraus ergaben sich bei fünf routinemäßigen Schlauchwechseln pro Woche 69 untersuchte Systemtage. An 8 Systemtagen fanden sich Kontaminationen durch Mikroorganismen.



Im Interventionszeitraum, bei drei geplanten Systemwechseln pro Woche, wurden 252 Systemtage erfasst. An 52 Systemtagen erfolgte ein Keimnachweis. Auffällig war, dass hiervon 45 verkeimte Systemtage in den Sälen 7 und 10 zu verzeichnen waren. Für den übermäßig häufigen Keimnachweis in diesen beiden Sälen musste eine Keimquelle innerhalb dieser Narkosesysteme angenommen werden, da sowohl die quantitative als auch die qualitative Analyse dieser Proben im Verlauf für jeden der beiden Säle vergleichbare Ergebnisse lieferte. Diese Annahme führte im Verlauf zu einer systematischen Untersuchung aller gasführenden Teile der Narkosegeräte.

Das Y-Stück, welches während der Narkose die beiden Beatmungsschenkel verbindet, wurde bei der Probenentnahme als Ablass für beide Schläuche genutzt. Der Inspirationsschenkel wurde im ersten Schritt von Spülflüssigkeit durchflossen. Anschließend wurde auf gleiche Weise mit dem expiratorischen Schenkel verfahren.

Beim Vergleich der Keimzahlen von Expiration und Inspiration fiel auf, dass in Saal 7 und 10 in acht Fällen eine höhere Keimzahl in der Inspiration als in der Expiration zu finden war. Dieses Phänomen war in allen anderen Sälen nur einmal in Saal 8 zu finden. In Saal 10 fand sich an einem Entnahmetag lediglich eine Verkeimung des inspiratorischen Schenkels. An 11 [5] Systemtagen waren, bei keimfreier Inspiration im Interventionszeitraum [Routinebetrieb] Keime in der Expiration nachweisbar.

### **3.2 Wechselintervalle und Kontaminationsraten**

Im Routinebetrieb wurden 98 Proben von 49 Schlauchsystemen auf Mikroorganismen untersucht. Bei 9 Proben ergab sich ein positiver Keimnachweis, wobei 6 Keimnachweise im expiratorischen und 3 Keimnachweise im inspiratorischen Schenkel möglich waren. In 6 der 9 untersuchten Säle fand sich zu keinem Zeitpunkt eine Kontamination (*Abbildung 3*).

Insgesamt 212 Proben aus 106 Schlauchsystemen konnten im Interventionszeitraum durch die Studie erfasst werden. 21 Systeme wiesen eine Kontamination auf. In fünf Sälen fanden sich zu keiner Zeit kontaminierte Schlauchsysteme. Drei weitere Säle wiesen jeweils an nur einem Entnahmezeitpunkt ein verkeimtes Schlauchsystem auf (*Abbildung 4*). In den Sälen 7 und 10 wurden jeweils aus 9 der untersuchten Abspülproben Mikroorganismen isoliert. Diese Säle verhalten sich nahezu spiegelbildlich zu den anderen untersuchten Operationssälen. Für die statistische

Auswertung wurden aus den Rohdaten die verkeimten und keimfreien Systemtage berechnet. Weiterhin wurden diese Daten auch unter Elimination der Ergebnisse aus den Sälen 7 und 10 analysiert.

#### **Routinebetrieb**

|                      |    |
|----------------------|----|
| Systemtage gesamt    | 69 |
| Keimfreie Systemtage | 61 |
| Verkeimte Systemtage | 8  |

#### **Interventionszeitraum**

|                      |     |
|----------------------|-----|
| Systemtage gesamt    | 252 |
| Keimfreie Systemtage | 200 |
| Verkeimte Systemtage | 52  |

Mit dem Students-Test (t-Test für unverbundene Stichproben) wurden folgende Werte berechnet:

#### **Inspiration und Expiration**

|  | <b>alle Säle</b> | <b>Saal 7+10 ausgeschlossen</b> |
|--|------------------|---------------------------------|
| Statistische Prüfgröße                   | p=0,088          | p=0,725                         |
| Standardabweichung Routinebetrieb        | s=1,000          | s=0,544                         |
| Standardabweichung Interventionszeitraum | s=3,240          | s=0,447                         |

#### **Expiration**

|  | <b>alle Säle</b> | <b>Saal 7+10 ausgeschlossen</b> |
|--|------------------|---------------------------------|
| Statistische Prüfgröße                   | p=0,240          | p=0,690                         |
| Standardabweichung Routinebetrieb        | s=1,075          | s=0,707                         |
| Standardabweichung Interventionszeitraum | s=3,665          | s=0,518                         |

#### **Inspiration**

|  | <b>alle Säle</b> | <b>Saal 7+10 ausgeschlossen</b> |
|--|------------------|---------------------------------|
| Statistische Prüfgröße                   | p=0,210          | p=0,390                         |
| Standardabweichung Routinebetrieb        | s=1,220          | s=0,000                         |
| Standardabweichung Interventionszeitraum | s=3,500          | s=0,500                         |

Weder bei der Analyse aller Ergebnisse noch bei der Beurteilung der Subgruppen, den einzelnen Schenkeln des Beatmungssystems, wurde das mit  $p < 0,05$  definierte Signifikanzniveau erreicht. Bleiben die Säle 7 und 10, in denen im Verlauf eine

Keimquelle innerhalb des Narkosegerätes nachgewiesen werden konnte in den Berechnungen unberücksichtigt, zeigte sich, dass die p-Werte anstiegen. Die Standardabweichungen werden für beide Untersuchungszeiträume kleiner.

Neben der Gliederung in Routinebetrieb und Interventionsphase wurden die erhobenen Daten unter Betrachtung der unterschiedlichen Dauer der Wechselintervalle analysiert. Der Anteil der sterilen Schlauchsysteme nach 24 und 48 Stunden ist vergleichbar (*Tabelle 6*). Nach einem 72-stündigen Intervall, das an allen Wochenenden während der Studie durchlaufen wurde, zeigte sich ein Anstieg der kontaminierten Schlauchsysteme auf 5 Prozent. Auch diese Zahlen wurden unter Ausschluss der Ergebnisse aus den Sälen 7 und 10 ermittelt.

Die Klinik für Neurochirurgie nutzt hauptsächlich die Säle 10 und 11. Die operativen Eingriffe dieser Disziplin sind häufig sehr langwierig. Im Unterschied zu den anderen Sälen kamen wegen des verbesserten Handlings Einmalschlauchsysteme zum Einsatz. In Saal 11 wurden an drei zeitlich auseinander liegenden Entnahmezeitpunkten Mikroorganismen aus den Abspülproben isoliert. Die gefundenen Keimzahlen betrugen zweimal 4 GKBE/ml und einmal 128 GKBE/ml. *Corynebacterium aquaticum*, *Bacillus circulans* und zwei *Enterobacter*-Arten wurden isoliert.

### 3.3 Keimnester in den Narkosegeräten

Schon nach wenigen Probeentnahmen in der Interventionsphase fielen überdurchschnittlich häufige Kontaminationen in den Sälen 7 und 10 auf. Die Proben wiesen untereinander ein vergleichbares Keimspektrum auf. Die beiden Säle zeigten sowohl in der Frequenz der Keimnachweise als auch in der nachweisbaren Keimlast deutliche Unterschiede zu den anderen acht untersuchten Sälen (*Abbildung 5 und 6*). Um diese Auffälligkeit zu ergründen, wurde an einem festgelegten Tag (im zweiten Überprüfungszyklus des Routinebetriebs) mittels angefeuchteter Abstrichtupfer eine Probe aus dem Ansatzstück der Schläuche entnommen (*Tabelle 4*). Als Kontrolle wurde je ein benachbarter Saal untersucht. Da die Isolation der wiederholt in den Abspülproben der Beatmungsschläuche gefundenen Keime auch aus den Abstrichproben möglich war, folgte am nächsten Entnahmetag eine quantitative Untersuchung. Hierzu wurden in vier Sälen die Steuerköpfe der Narkosegeräte demontiert und mittels Abspülproben und weiteren Abstrichen untersucht.

In Saal 7 konnte *Acinetobacter lwoffii* isoliert werden. Der Nachweis im Steuerkopf war an der Inspiration und der Expiration möglich. Dabei wurde eine Keimzahl bis  $10^4$  KBE/ml gefunden. Saal 10 wies *Flavimonas oryzihabitans* lediglich in der Inspiration auf. Die beiden Kontrollsäle zeigten keine Verkeimung der Steuerköpfe. Auffällig war zusätzlich, dass die Geräte in Saal 7 und 10 wesentlich mehr Feuchtigkeit aufwiesen. Die Rollmembran des Typ Primus in Saal 10 war bei der Demontage ca. 1 bis 1,5 cm hoch mit Wasser gefüllt. Ebenso fanden sich deutliche Kondensate an den Deckplatten und in den Winkeln der Ventilplatten.

### 3.4 Keimspektrum der Abspülproben

Einen großen Anteil an den Isolaten hatten Feucht- und Wasserkeime (Tabelle 5). Hierzu zählt die Gruppe der gram-negativen Nonfermenter (*Acinetobacter*, *Flavimonas oryzihabitans*). Diese Stäbchenbakterien zeichnen sich durch strikt aerobes Wachstum aus, bilden keine Sporen, sind unbeweglich und reagieren nicht auf Oxidase-Reagenz. Die Spezies *Flavimonas oryzihabitans* wurde unter den Pseudomonaden reklassifiziert (KODAMA 1985; ANZAI 1997). Die Nonfermenter bevorzugen feuchte Umgebungen (Wasser, Pflanzen, Früchte) und sind als Pneumonieerreger in vielen Arbeiten beschrieben. Dennoch weist diese Gruppe große Unterschiede auf.

Bei *Acinetobacter lwoffii* handelt es sich um einen fakultativ pathogenen Keim, der bei gesunden Personen keine Infektion auslöst. Er konnte in zwei Sälen an insgesamt 8 Zeitpunkten isoliert werden. *Acinetobacter baumannii* hingegen wird ein großes pathogenes Potential zugeschrieben. Diese Spezies wurde lediglich zweimal detektiert. Im Zusammenhang mit einem nosokomialen Ausbruch 1993/94 wurde von Corbella und Kollegen sogar eine multi-resistente Variante unter Patienten einer Intensivstation beschrieben (CORBELLA 1996), ein Ereignis, welches heute vielfach weltweit gesehen wird.

*Stenotrophomonas maltophilia* wurde ebenfalls als Erreger nosokomialer Infektionen beschrieben (DENTON 1998). Durch die Medikation von Carbapenemen besteht für diesen Keim ein Selektionsvorteil, da dieser Erreger primär gegen dieses Antibiotikum resistent ist. In der vorliegenden Arbeit konnte er an 4 Systemtagen in Saal 10 nachgewiesen werden.

Aus der Familie der Enterobacteriaceae konnten ebenfalls Keime nachgewiesen werden. Diese gram-negativen, fakultativ anaeroben Stäbchen sind sowohl zu oxidativer als auch zu fermentativer Zuckerspaltung fähig. Ein Großteil dieser Bakterien zählt zur physiologischen Flora des Verdauungstraktes und ist fakultativ pathogen. Das weit verbreitete Vorkommen in der Umwelt ist durch fäkale Exkretionen von Menschen und Tieren zu erklären. Die Gruppe der *Enterobacter* ist für intraabdominelle Infektionen ebenso bekannt wie für Infektionen der Atemwege und der Lunge.

Eine weitere Einheit bilden Haut-, Umwelt- und Trockenkeime. Hierzu zählen Staphylokokken und Mikrokokken. Diese gram-positiven Mikroorganismen sind Katalase-positiv und fakultativ anaerob. Ihre weite Verbreitung ist gekennzeichnet durch ihr fakultativ pathogenes Verhalten. Sie sind an der Bildung der physiologischen Barriere von Haut und Schleimhäuten beteiligt. Isolate dieser Gruppe sind im Zusammenhang mit Infektionen beschrieben worden. *Staphylococcus saprophyticus* ist ein wichtiger Erreger opportunistischer Infektionen der ableitenden Harnwege (GATTERMAN 1997). *Staphylococcus schleiferi* und *Staphylococcus simulans* wurden als Verursacher von Sepsis oder Osteomyelitis beschrieben. *Staphylococcus schleiferi* ist ebenfalls im Zusammenhang mit Infektionen von implantierten Herzschrittmachern in Erscheinung getreten (DA COSTA 1998). Bei der vorliegenden Untersuchung wurden in Saal 5 bzw. 8 diese Keime an jeweils einen Entnahmetag gefunden. *Micrococcus luteus* ist als Pneumonieerreger bekannt und wurde ebenso im Zusammenhang von Meningitiden und Arthritiden isoliert (KOCUR 1991; KLOSS 1995).

Ubiquitär vorkommende Keime konnten ebenfalls bei der vorliegenden Untersuchung gefunden werden. Corynebakterien ebenso wie Bazillusarten sind als Trockenkeime klassifiziert. *Aerococcus urinae* ist ein weiterer Umweltkeim, der durch die üblichen Desinfektions- und Reinigungsverfahren oftmals nicht beseitigt wird und daher als problematisch einzustufen ist (AGUIRRE 1992). Er konnte zweimal in Saal 7 isoliert werden.

Neben diesen Bakterienarten konnten vereinzelt auch Pilze nachgewiesen werden. *Candida*-Spezies sind als Teil der Hautflora weit verbreitet. Ebenso findet sich als

Schimmelpilz *Cladosporium* vielfach in Gebäuden. Dieser Pilz wurde an einer Stelle des Steuerkopfes in Saal 7 nachgewiesen.

### **3.5 Systemisolate und Patientenflora**

Um mögliche Übereinstimmungen von Isolaten der Schlauchsysteme mit denen der Patienten aufzudecken, wurden alle Patienten überprüft, die während eines Intervalls mit positivem Keimnachweis im entsprechenden Operationssaal eine Narkose erhielten. Für diese Zeiten waren im Krankenhausinformationssystem Orbis insgesamt 126 Fälle dokumentiert. Über das System war es möglich, alle operierten Patienten mit Operationszeitpunkt und Operationssaal abzufragen. Bei 76 Patienten, die mit einem potenziell infektiösen Beatmungssystem behandelt wurden, wurde weder präoperativ noch postoperativ eine mikrobiologische Diagnostik durch die behandelnden Ärzte angeordnet. In 50 Fällen, darunter 39 Vergleiche von prä- und postoperativen Befunden, war eine Analyse möglich. Dabei konnte in keinem Fall eine Übereinstimmung zwischen dem Keimspektrum der Narkosegeräte und den Proben des aerodigestiven Raumes dieser Patienten festgestellt werden. Eventuell vorhandene postoperative Wundabstriche zeigten ebenfalls keine Übereinstimmungen mit dem Keimspektrum der Narkosesysteme. Die Proben der Patienten, u.a. durch Abstriche oder bronchial-alveoläre Lavage gewonnen, wiesen neben der physiologischen Rachenflora häufig Keime des Magen-Darm-Traktes auf. Diese konnten nicht aus den Schlauchsystemen isoliert werden.

## 4 Diskussion

### 4.1 Allgemeine Thematik

Die heutige Situation in Einrichtungen des Gesundheitswesens ist geprägt von Sach- und Personalsparzwängen. Die bestmögliche Versorgung der Patienten muss von allen Akteuren angestrebt werden. Sie ist außerdem im Sinne der Allgemeinheit, die durch ihre Versicherungsbeiträge sowie Steuern und Sozialabgaben das Gesundheitswesen solidarisch mitfinanziert.

Aus unterschiedlichsten Gründen werden selbst Routinebehandlungen in Frage gestellt, vor allem, wenn sie material- oder personalintensiv sind. Daher werden sich alle Abläufe aufgrund des ökonomischen Drucks an ihrer medizinischen Notwendigkeit, Wirksamkeit und ihrer ökonomischen Qualität messen lassen müssen. Als Entscheidungshilfe dient die methodisch wissenschaftliche Überprüfung von Therapien, diagnostischen Methoden und Arbeitsabläufen.

Ein Beatmungssystem für die Narkosebeatmung, welches als Vektor für Mikroorganismen fungiert, widerspricht medizinischen und ökonomischen Prinzipien. Der Patient wird einem unnötigen Risiko ausgesetzt, eine Infektion der Atemwege zu entwickeln. Dies würde neben den negativen Folgen für den Patienten auch eine zusätzliche Belastung für die Allgemeinheit bedeuten. Die Mitarbeiter wären durch ihre Tätigkeit einem höheren Infektionsrisiko ausgesetzt, wenn sich Mikroorganismen im Narkosesystem vermehren würden. Eine solche Situation wäre mit arbeitsrechtlichen und medizinisch-ethischen Grundsätzen nicht zu vereinen.

Auf dem Gebiet der Behandlung langzeitbeatmeter Patienten ist anerkannt, dass verlängerte Systemstandzeiten zu einer Abnahme der Beatmungspneumonierate führen. Dies spiegelt sich auch in der Leitlinien der CDC wider (CDC 2004).

Die mehrmalige Verwendung von Narkosebeatmungssystemen bei verschiedenen Patienten ist in Deutschland durchaus üblich. Dies geht aus den Leitlinien des RKI hervor und ist auch mit den Ergebnissen neuerer Studien vereinbar (DAGGAN 1999; KOMMISSION FÜR KRANKENHAUSHYGIENE UND INFEKTIONSPRÄVENTION AM

RKI 2000). In seinem Editorial verteidigt Hess die Praxis im angloamerikanischen Raum, für jede Narkose ein steriles oder aufbereitetes System zu verwenden. Er sieht durch die bisherigen Studien keine ausreichende Sicherheit für einen mehrfachen Gebrauch der Beatmungssysteme ohne entsprechende Aufbereitung. Weiterhin führt er aus, dass die in den Studien verwendeten Tupferproben keine Aussage über die tatsächlichen Aerosole zulassen (HESS 1999).

Die vorliegende Arbeit stellt eine systematische Analyse der gasführenden Anteile der Narkosesysteme dar. Die Entnahme der Abspülproben aus den beiden Schenkeln des Schlauchsystems ist für das gesamte System repräsentativ. Der Schlauch der Expiration führt den Gasstrom vom Patienten zum Gerät. Dieses ist der erste Abschnitt, der die engste räumliche Verbindung zur Bakterienflora der Patienten aufweist und wiederverwendet wird. Das Inspirationsvolumen wird dem Patienten über den anderen Schenkel zugeführt. Das dort fließende Gas hat das Beatmungsgerät, den Steuerkopf, den CO<sub>2</sub>-Absorber und die Rollmembran durchströmt. In diesem Abschnitt isolierte Keime können sowohl vom Patienten als auch aus dem Gerät selbst stammen. Die Technik der Abspülproben hat gegenüber angefeuchteten Watteträgern den Vorteil, dass sie eine wesentlich größere Fläche der Silikonschläuche erfasst, möglicherweise biofilmproduzierende Spezies sicherer detektiert und vor allem eine quantitative Aussage zulässt. Die Analyse der Abspülproben spiegelt hinreichend die reale Transmissionspotenz der Schlauchsysteme wider. Eine strikt getrennte Beurteilung der Expiration und Inspiration war bei dem gewählten Versuchsaufbau dieser Studie nicht möglich, da das Y-Stück in beiden Fällen als Ablass für die Spülflüssigkeit genutzt wurde. Eine Demontage des Schlauchsystems vergrößert das Risiko einer Kontamination bei der Probenentnahme. Die Schlauchenden der Geräte-nahen Seite sind als Ablass wiederum ungeeignet, da sie bei Montage und Betrieb in Kontakt mit der Außenseite der Ansatzstücke des Beatmungsgerätes stehen.

Es sind verschiedene Kontaminationswege für die gefundenen Mikroorganismen zu diskutieren. Grundsätzlich ist es möglich, dass durch mangelnde Aufbereitung oder unsachgemäße Lagerung Keime schon vor der ersten Nutzung in den Schläuchen verbleiben. Beim Zusammensetzen der einzelnen Bauteile und bei der Montage der Schlauchsysteme an das Narkosegerät besteht die Möglichkeit einer Kontamination. Gleiches gilt für die Demontage und die durchgeführte Probenentnahme. Der eigentlich interessierende Kontaminationsweg ist durch den Gasstrom während der



Beatmung bedingt. Zu diesem Zeitpunkt ist das System gegenüber der Umwelt relativ abgeschottet. Durch den oftmals häufigen Patientenwechsel finden auch während des Operationsprogramms viele Diskonnexionen statt. So ist auch hier wieder eine Kontamination durch Umweltkeime möglich. Im Normalfall war die Expiration stärker verkeimt als die Inspiration. Dies sprach dafür, dass Kontaminationen während der Beatmung oder in den Operationspausen erfolgten und dem gerichteten Luftstrom bei Beatmung folgten. Sind diese Keime nicht im inspiratorischen Schenkel nachweisbar, spricht dies dafür, dass den Keimen das Durchlaufen des gesamten Steuerkopfes und eine Amplifikation im System nicht gelingt.

Andere Verhältnisse waren in Saal 7 und 10 zu finden. Hier war an 8 Messzeitpunkten eine stärkere Verkeimung in der Inspiration zu finden. An einem Tag war die Expiration keimfrei. Dies sprach dafür, dass eine Keimquelle innerhalb des Steuerkopfes vorliegen musste, da der Inspirationsschenkel das erste Bauteil darstellt, das gewechselt wurde und somit wieder neu kontaminiert werden konnte. Auch hier zeigte sich, dass das Keimwachstum im anderen Schenkel, der Expiration weniger stark war. In beiden Fällen folgte die Ausbreitung der Keime dem Luftstrom im Gerät. Die Distanz, die Keime im Schlauchsystem erfolgreich überwinden können ist gering. Dies erklärte, warum der entfernt liegende Systemteil, der andere Schlauchschenkel keimfrei bzw. weniger stark kontaminiert war.

In der vorliegenden Arbeit konnte kein wiederholtes Auftreten der gleichen Spezies in verschiedenen Operationssälen gefunden werden, was für eine mangelhafte Aufbereitung und Lagerung sprechen würde.

### **4.2 Wechselintervall und Kontaminationskinetik**

Dem Cross-over-Design entsprechend wurden die beiden zeitlich auseinander liegenden Phasen des Routinebetriebs zu einer Einheit zusammengefasst. Im ersten Abschnitt des Routinebetriebs wurden zum Teil andere Operationssäle untersucht. Die Auswahl wurde vor der Interventionsphase geändert, damit die Säle räumlich möglichst eng beieinander lagen. So war die Probenentnahme ohne große Wege möglich. Ein weiterer Vorteil war die Praktikabilität für das Pflegepersonal, denn durch die räumliche Bündelung wurde das Risiko vorzeitiger Schlauchwechsel minimiert. Es erfolgte durch das Studiendesign keine Selektion der Patienten oder der Fachdisziplinen, um ein möglichst breites Spektrum zu erfassen. Die grundlegenden

Techniken der Probengewinnung und der mikrobiologischen Analyse sind ebenfalls vergleichbar, so dass auch auf dieser Ebene keine systematischen Fehler zu vermuten sind. Damit waren in der Studie zwei Verfahren - der Routinebetrieb mit fünf Systemwechseln und der Interventionszeitraum mit drei Schlauchwechseln pro Woche - vertreten. Der brisanteste Diskussionspunkt ist nun eine mögliche Keimamplifikation durch die verlängerte Nutzungszeit der Schlauchsysteme.

Die vorliegende Studie konnte zeigen, dass es keine signifikanten Unterschiede in der Kontaminationshäufigkeit zwischen dem 24-stündigen und dem 48-stündigen Wechselintervall der Beatmungsschläuche gibt. Die p-Werte liegen nicht im mit  $p < 0,05$  definierten Signifikanzniveau. Der Students-Test zeigte, dass mit über 95-prozentiger Wahrscheinlichkeit eine Verkeimung durch den Zufall bedingt ist und nicht vom Wechselintervall abhängig war. Eine Analyse der Ergebnisse ohne Berücksichtigung der Ergebnisse aus den Sälen 7 und 10, in denen eine Keimquelle im Beatmungsgerät nachgewiesen werden konnte, verdeutlichte den Trend, dass die Nutzungsdauer nicht die Kontaminationsrate bedingt.

Die Analyse der Dauer der Wechselintervalle wurde anhand der untersuchten Schlauchsysteme vorgenommen. Eine Umrechnung in Systemtage erfolgte bei dieser Analyse nicht. Werden die Ergebnisse aus den Sälen 7 und 10 nicht berücksichtigt, zeigten sich vergleichbare Ergebnisse nach 24 und 48 Stunden. Dies sprach auch auf Ebene der überprüften Schlauchsysteme für eine Ausdehnung des Wechselintervalls auf 48 Stunden. Der in der vorliegenden Arbeit beobachtete Anstieg der Kontaminationsrate nach 72 Stunden war möglicherweise auf den kleinen Probenumfang dieser Subgruppe zurückzuführen. Um eine weitere Verlängerung des Wechselintervalls sicher beurteilen zu können, sind größere Fallzahlen notwendig.

Der Unterschied des neurochirurgischen Procedere und die Nutzung der Schlauch-in-Schlauch-Systeme führten möglicherweise zu vermehrter Kondensatbildung. Die Ergebnisse aus Saal 10 sind wegen des gefundenen Keimnestes im Steuerkopf nicht sicher beurteilbar. Saal 11 wies im Vergleich zu den anderen Sälen eine häufigere Verkeimung auf. Die Kontaminationen, die nach den Wochenenden gefunden wurden waren besonders auffällig und könnten durch die Umgebungsbedingungen begünstigt worden sein.

### 4.3 Kontaminationskeime

Die durch die Analyse isolierten Spezies treten hauptsächlich als Erreger opportunistischer Erkrankungen in Erscheinung. Hierzu zählen die nachgewiesenen gram-positiven Umwelt- und Trockenkeime, die ubiquitär vorkommenden Hefen und Pilze, sowie die Gruppe der Nonfermenter. Eine Ausnahme stellte die Spezies *Acinetobacter baumannii* dar, die ein hohes Infektionspotenzial hat (HUSNI 1999).

Das Infektionsrisiko für gesunde Patienten, die sich einer Narkosebeatmung unterziehen ist zusammenfassend als gering einzustufen. Das Risiko für Patienten mit mangelhafter immunologischer Kompetenz ist um ein Vielfaches größer. (CHEADLE 1996)

Ein Teil der nachgewiesenen Keime zählt zu den Feucht- und Wasserkeimen. Ihr Vorkommen scheint ableitbar, zumal in Saal 7 und 10 deutliche Flüssigkeitsansammlungen in den Steuerköpfen der Narkosegeräte gefunden wurden. Alle Elemente greifen derart ineinander, dass ein kontaminiertes Bauteil die Integrität des gesamten Systems gefährdet. Die Betreuung der einzelnen Säle wird im Routineprogramm hauptsächlich durch einen oder wenige weitere Mitarbeiter der Anästhesiepflege erledigt. So können sich wiederholende Fehler in den Handlungsabläufen bei Reinigung, Wartung und Bedienung potenzieren. Dies begünstigt die Transmission von Keimen in das System und deren Vermehrung. Bei pathogenen Mikroorganismen ist dies von besonderer Bedeutung, aber auch fakultativ pathogene Spezies könnten bei Erreichen höherer Keimzahlen in klinisch relevantem Maße durch das Beatmungssystem übertragen werden.

Im Kollektiv der fakultativ pathogenen Keime wurden auch Spezies isoliert, die in den letzten Jahren als oft multiresistente Hospitalkeime an klinischer Bedeutung massiv zugenommen haben. *Acinetobacter baumannii* ist als Risikokeim einzustufen (LORTHOLARY 1995; CORBELL 1996; BERGOGNE-BEREZIN 1996). Auch den nachgewiesenen Spezies der Enterobacteriaceae könnte vor dem Hintergrund der starken Zunahme an ESBL (extended spectrum  $\beta$ -lactamase)-bildenden Stämmen der Arten *Klebsiella pneumoniae* und *Escherichia coli* in Zukunft eine größere Bedeutung zukommen (CHOW 1994). Immunsupprimierte Patienten sind dadurch, bei zusätzlich eingeschränkten Behandlungsoptionen, besonders gefährdet.

In der vorliegenden Arbeit konnte keine Selektion bestimmter Mikroorganismen durch ein verlängertes Wechselintervall gezeigt werden, so dass kein höheres Risiko für die narkotisierten Patienten entsteht.

Die isolierten Keimarten lassen Rückschlüsse auf mögliche Kontaminationswege zu. Das Auftreten von Keimen der Hautflora spricht für eine Verunreinigung bei Montage oder beim Handling mit dem unverschlossenen Narkosesystem. Die nachgewiesenen Umwelt- und Feuchtkeime können ebenfalls beim unvorsichtigen Umgehen in das System eingeschleppt werden. Die Bedingungen im Gerät begünstigen deren Persistenz und Amplifikation.

Das insgesamt seltene Auftreten von Keimen spricht gegen eine Keimverschleppung bei der Probenentnahme oder bei der Probenanalyse.

#### **4.4 Narkosesystem als Vektor**

Jedes medizinische Gerät stellt ein potentiell Vehikel für Mikroorganismen dar. Neben seiner physiologischen Flora, die auch durch fakultativ pathogene Keime gebildet werden kann, gefährden vor allem iatrogene Manipulationen einen nicht vollständig immunkompetenten Patienten. Mangelhaft aufbereitete Geräte, Einbringen von Keimen in physiologisch sterile Körperregionen und nicht zuletzt der Kontakt mit der Standortflora des Personals sind hier zu nennen (MASLYK 2002).

Auch der Nachweis von präoperativ im Bereich des Patienten isolierten Keimen in einem der untersuchten Systeme gelang nicht. Es fand allerdings keine systematische Diagnostik aller behandelten Patienten statt, so dass dieser Aussage sicher nicht umfassend ist. Bengtson et. al. Sehen ebenfalls keinen Zusammenhang zwischen der Anzahl der anästhesierten Patienten und der Anzahl der kontaminierten Proben. Ebenso konnten sie keine Übereinstimmung zwischen den Isolaten aus dem System und den postoperativen Befunden der Patienten finden (BENGTON 1989). Problemkeime wie MRSA oder einige Arten der Enterobacteriaceae wurden nicht aus den Beatmungsschläuchen isoliert, was für die Sicherheit der verwendeten Technik spricht.

Hingegen ist die Transmission von Keimen aus dem System auf einen Patienten eindeutiger zu bewerten. Besonders von multimorbiden, damit oftmals immunsupprimierten Patienten, die durch die isolierten Erreger besonders gefährdet sind liegen vielfältige postoperative Befunde vor. Dieses Kollektiv bedarf häufig einer Nachbeatmung oder eines Aufenthaltes auf einer Intensivstation, wo eine ausgiebige Routinediagnostik erfolgt. Die besonders relevanten Proben der Atemwege sind aufgrund der technischen Gegebenheiten oft durch eine bronchial-alveoläre Lavage oder als direkt abgesaugtes Trachealsekret gewonnen worden. Hier ist eine besonders hohe diagnostische Sicherheit zu erwarten. Dennoch war durch den Vergleich von prä- und postoperativen Befunden der mikrobiologischen Diagnostik keine Übertragung der im Narkosesystem isolierten Erreger auf einen Patienten zu detektieren.

Anfang der neunziger Jahre überprüften Leijten und Kollegen die Funktionalität von HME-Filtern anhand eines Modells (LEIJTEN 1992). In Laborversuchen wurde die herbeigeführte Kontamination eines Narkosesystems untersucht. Ein Filter konnte jede Kontamination im nachgeschalteten Abschnitt unterbinden. Die Überprüfung in der täglichen Anwendung und die Berechnung einer effektiven in vivo Filtration von 98,08% erfolgte durch Vezina et al. (VEZINA 2001). Es wurden Abstriche von 2001 Filtern nach deren Nutzung auf mikrobiologisches Wachstum untersucht. Nur zwei der untersuchten Filter zeigten vergleichbare Keimspezies auf beiden Seiten der Filtermembran. Eine Reduktion der vorhandenen Keime um den Faktor  $10^5$  bis  $10^6$  würde eindeutig für die Verwendung und Effektivität der HME-Filter sprechen. Legt man die obere Grenze des Konfidenzintervalls zu Grunde konnten Vezina et al. eine Sicherheit von 99,998% nachweisen (VEZINA 2001). Es ist davon auszugehen, dass die verwendeten Filter zu den vorliegenden Ergebnissen beigetragen haben, denn im direkten Vergleich zeigten sich ohne Verwendung von Bakterienfilter immer wieder höhere Kontaminationsraten, so auch bei Luttrupp et al. (LUTTROPP 1993). Das Fehlen einer Transmission vom Patienten auf das System und umgekehrt spricht deshalb für die Verwendung eines Bakterienfilters. Das zunehmend gehäufte Auftreten von multiresistenten Bakterienstämmen und die Erkenntnisse der Ätiologie der nosokomialen Pneumonie heben die Bedeutung der Prophylaxe hervor. Eine eindeutige Befürwortung von Bakterienfiltern wäre die erwiesene Reduktion der Keimmenge um den Faktor  $10^5$  oder  $10^6$ . Andererseits lassen auch solche Daten noch keine Aussage zur Rückhaltepotenz gegenüber Viren oder anderen infektiösen Agenzien zu. Dennoch scheint der Filtereinsatz zu einer geringen Kontaminationsrate

beizutragen und stellt eine sichere und zudem ökonomisch sinnvolle Maßnahme bei jeder Narkose dar.

#### **4.5 Operative Procedere und Systemverkeimung**

Ein Einfluss der operativen Fachdisziplin auf die Häufigkeit oder die Art der nachgewiesenen Keime ist bei der untersuchten Fallzahl nicht zu klären. Die beiden Säle, in denen eine Keimquelle im Geräte identifiziert werden konnte, wurden von zwei unterschiedlichen Abteilungen genutzt. Diese nutzten noch andere Operationssäle, in denen es zu keiner vergleichbaren Kontamination gekommen ist (*Tabelle 6+7*).

In der Literatur wird ein zusätzliches Risiko für die Entwicklung einer beatmungsbedingten Pneumonie durch chirurgische Eingriffe im Thoraxbereich und im Oberbauch beschrieben (GARIBALDI 1981). Ein Korrelat, das in einer vermehrten Kontamination des Beatmungssystems bestehen könnte, zeigen die Daten dieser Arbeit nicht. Ein grundsätzlicher Ausschluss ist aber aufgrund der Fallzahl nicht akzeptabel. Ebenfalls sind Aussagen über die Auswirkung verschiedener Beatmungsgeräte und Schlauchsysteme auf die Kontaminationsraten auf Basis der vorhandenen Daten nicht möglich. Hierfür sind Studien zu diesen speziellen Fragestellungen mit entsprechend größeren Fallzahlen erforderlich. Da die Säle durch ausgewählte Mitarbeiter betreut werden, wird ein möglicher Einfluss des operativen Procedere auch bei einer wesentlich größeren Fallzahl nur schwer zu objektivieren sein, da sich Anwendungsfehler wiederholen können und als systematische Fehler in die Untersuchung einfließen können.

#### **4.6 Ökonomische Effekte**

Der Markt der Medizingeräte und Medizinprodukte ist rasant gewachsen. Ständig werden modifizierte oder neuentwickelte Produkte als Innovationen durch ausgefeilte Vermarktungsstrategien auf den Markt gebracht. Für den einzelnen Anwender ist es fast unmöglich, die Effektivität und die Vorteile eines Produktes zu beurteilen. Deshalb ist es umso wichtiger, dass in einer Zeit mit begrenzten finanziellen Ressourcen und wachsendem Spardruck eine Einschätzung durch objektiv gewonnene Daten unterstützt wird. Zukünftig wird jede Behandlung einer Neubewertung nach verschiedenen Gesichtspunkten unterzogen werden. Hier spielen neben der medizinischen Notwendigkeit und Machbarkeit vor allem ökonomische Aspekte eine

Rolle. Die Variablen Kosteneffizienz, Prozessqualität, Evidenz-basierte Wirksamkeit und Personalaufwand müssen für jede Situation gegeneinander abgewogen werden. Das Einsparpotenzial bei den Sachkosten in der Anästhesie ist eher gering, da sie nur etwa ein Drittel der Gesamtkosten dieser Disziplin ausmachen. Bei einer Ausdehnung der Wechselintervalle der Beatmungsschlauchsysteme auf 48 Stunden wird jede zweite Aufbereitung eingespart. Dadurch verlängert sich die Nutzungszeit der Materialien, die durch die Anzahl der Aufbereitungen limitiert ist. Bei Produkten mit von der Anzahl der Aufbereitungen unabhängiger Nutzungszeit entfällt dieser Effekt. Die Schonung ökologischer Ressourcen wird vor allem durch den verminderten Einsatz von Chemikalien, Wasser und Energie, die zur Aufbereitung nötig sind erzielt. Durch das verlängerte Wechselintervall auf 48 Stunden wird Arbeitszeit beim Personal eingespart. Der eigentliche Wechsel der Schläuche stellt einen minimalen Zeitaufwand dar. Bedeutender sind die Zeiten für das Bestücken der Desinfektionsautomaten, die Kontrolle der Aufbereitung und die sachgerechte Lagerung. Scherrer und Kollegen haben für die im Universitätsklinikum Freiburg verwendeten Materialien und Geräte eine detaillierte Aufschlüsselung nach Personalkosten und Sachkosten aufgestellt (SCHERRER 1990).

### **4.7 Schlussfolgerung und Ausblick**

Die Ausdehnung des Wechselintervalls auf 48 Stunden wird nach der Analyse der Daten befürwortet. Es konnte keine Keimanreicherung durch die verlängerte Stand- und Nutzungszeit nachgewiesen werden. Statistisch zeigt sich, dass die Verkeimung eher durch den Zufall bedingt ist und dass ein verlängertes Wechselintervall keine Nachteile gegenüber dem täglichen Wechsel hat. Die isolierten Mikroorganismen zeigten durch die Intervention keine Veränderung in Bezug auf die Keimzahl oder die Selektion besonders pathogener Spezies.

Unter Verwendung des HME-Filter Humid-Vent® Filter Compact S konnte in der praktischen Anwendung keine Transmission von Keimen eines Patienten in das System und von Keimen aus dem Beatmungssystem auf einen Patienten belegt werden. Die durch Modellversuche und klinische Studien ermittelte Rückhaltepotenz der HME-Filter ist mit den Daten dieser Arbeit vereinbar. Daher wird die Benutzung eines neuen Bakterienfilters für jeden narkotisierten Patienten empfohlen.

Das Einsparpotenzial bei einem 48-stündigem Wechselintervall ist eher gering. Die Nutzung der Schlauchsysteme für 72 Stunden am Wochenende bei nicht wesentlich veränderter Kontaminationsrate lässt vermuten, dass ein noch längeres Wechselintervall möglich ist. Die systematische Untersuchung bei Ausdehnung auf 7 Tage, Zeiträume die bei der Langzeitbeatmung schon jetzt üblich sind, scheint sinnvoll. Könnte diese Zeitspanne aus mikrobiologischer Sicht realisiert werden, ist ein grundsätzlicher Wechsel zu sterilen Einmalschlauchsystemen zu überdenken. Damit würden immense Sach- und Personalkosten eingespart, die durch die Aufbereitung und Lagerung der Silikonschläuche entstehen. Neben der mikrobiologischen Argumentation muss bei allen Überlegungen die physikalische Integrität der eingesetzten Materialien gewährleistet sein, also auch hier muss die längere Nutzung geprüft werden.

Die Aufdeckung von Keimnestern in zwei Narkosegeräten machte deutlich, dass das System grundsätzlich anfällig für eine Kontamination ist. Daraus ergab sich die Forderung von Standards für die Wartung und Aufbereitung aller Systemteile. Die Arbeitsabläufe müssen standardisiert und in den Gesamtkatalog integriert werden, ihre Wirksamkeit muss evaluiert und der gesamte Prozess entsprechend dokumentiert werden. Unentdeckte Keimquellen innerhalb des Beatmungssystems stellen ein schwer einzuschätzendes und unkontrollierbares und damit grundsätzlich zu vermeidendes Risiko für die behandelten Patienten und das Personal dar. Diese Gefahr würde bei einem noch längeren Wechselintervall durch die zusätzliche Ansammlung von Kondensaten vergrößert und müsste unter Umständen auch durch bauliche Maßnahmen an den Geräten, wie Wasserfallen minimiert werden. Weiterhin sind regelmäßige (z.B. einmal pro Monat) mikrobiologische Screenings der Narkosegeräte zu diskutieren. So könnten Keimnester zeitnah und sicher detektiert werden. Eine rotierende, einmal pro Monat stattfindende Aufbereitung der Steuerköpfe der Narkosegeräte könnte als sinnvolle präventive Maßnahme etabliert werden. Die Änderungen der Arbeitsabläufe verursachen zusätzliche Personalkosten und beanspruchen weitere ökologische Ressourcen, dennoch ist dies ökonomisch sinnvoll, da Schwachstellen im System gezielt vorgebeugt wird. Die Sicherheit für die Patienten wird erhöht, wenn überflüssige Handlungsweisen eingespart werden, die Qualität durch regelmäßige Surveillance gesichert wird.



Ein Hinweis auf eine strikte Händedesinfektion und eine möglichst keimarme Umgebung leitet sich aus den nachgewiesenen Keimarten ab. Ebenso ist die Einhaltung der bestehenden Hygienevorschriften und der sachgerechte Umgang bei Montage und Bedienung der Narkosegeräte zu unterstreichen (FUKADA 1996).

Diese Arbeit hat nur eine diskutierte Ätiologie der VAP untersucht. Ein keimfreies Narkosebeatmungssystem kann als Vektor nahezu ausgeschlossen werden. Dennoch erscheint es sinnvoll, Veränderungen in den Arbeitsabläufen, die die Narkosesysteme betreffen, auch durch eine Überwachung der postoperativen Pneumonierate zu begleiten. Legt man die VAP als eigentliches Kriterium einer solchen Studie zu Grunde, sind wesentlich umfangreichere Datenerhebungen nötig. Die prä- und postoperative mikrobiologische Diagnostik aller Patienten und deren klinische Überwachung wären erforderlich. Geht man von einer momentanen postoperativen VAP-Rate von 3 Prozent aus, so ist, um eine Steigerung auf 5 Prozent feststellen zu können eine Fallzahl von ca. 1500 Patienten nötig (HESS 1999). Eine solche Studie scheint in der jetzigen Situation schwer durchführbar zu sein. Daher ist die mikrobiologische Untersuchung der Schlauchsysteme als sinnvolle Herangehensweise für diese Thematik anzusehen.

## 5 Tabellen und Abbildungen

Tabelle 1: Probendokumentation Routinebetrieb I

| NR  | Datum  | Saal | Ort | System                                      | Typ | Isolate  | GKBE<br>/ ml | Besonderheiten             |
|-----|--------|------|-----|---|-----|----------|--------------|----------------------------|
| 100 | 01.06. | 9    | In  | In dieser<br>Phase<br>nicht<br>dokumentiert |     | keimfrei | 0            |                            |
| 101 | 01.06. | 9    | Ex  |   |     | keimfrei | 0            |                            |
| 102 | 01.06. | 12   | In  |   |     | keimfrei | 0            |                            |
| 103 | 01.06. | 12   | Ex  |   |     | keimfrei | 0            |                            |
| 104 | 02.06. | 2    | In  |   |     | keimfrei | 0            |                            |
| 105 | 02.06. | 2    | Ex  |   |     | keimfrei | 0            |                            |
| 106 | 02.06. | 3    | In  |   |     | keimfrei | 0            |                            |
| 107 | 02.06. | 3    | Ex  |   |     | keimfrei | 0            |                            |
| 108 | 02.06. | 4    | In  |   |     | keimfrei | 0            |                            |
| 109 | 02.06. | 4    | Ex  |   |     | keimfrei | 0            |                            |
| 110 | 02.06. | 9    | In  |   |     | keimfrei | 0            |                            |
| 111 | 02.06. | 9    | Ex  |   |     | keimfrei | 0            |                            |
| 112 | 02.06. | 12   | In  |   |     | keimfrei | 0            |                            |
| 113 | 02.06. | 12   | Ex  |   |     | keimfrei | 0            |                            |
| 114 | 03.06. | 2    | In  |   |     | keimfrei | 0            |                            |
| 115 | 03.06. | 2    | Ex  |   |     | keimfrei | 0            |                            |
| 116 | 03.06. | 3    | In  |   |     | keimfrei | 0            |                            |
| 117 | 03.06. | 3    | Ex  |   |     | keimfrei | 0            |                            |
| 118 | 03.06. | 4    | In  |   |     | keimfrei | 0            | SW fraglich                |
| 119 | 03.06. | 4    | Ex  |   |     | keimfrei | 0            | SW fraglich                |
| 120 | 03.06. | 9    | In  |   |     | keimfrei | 0            |                            |
| 121 | 03.06. | 9    | Ex  |   |     | keimfrei | 0            |                            |
| 122 | 03.06. | 12   | In  |   |     | keimfrei | 0            |                            |
| 123 | 03.06. | 12   | Ex  |   |     | keimfrei | 0            |                            |
| 124 | 04.06. | 2    | In  |   |     | keimfrei | 0            |                            |
| 125 | 04.06. | 2    | Ex  |   |     | keimfrei | 0            |                            |
| 126 | 04.06. | 3    | In  |   |     | keimfrei | 0            |                            |
| 127 | 04.06. | 3    | Ex  |   |     | keimfrei | 0            |                            |
| 128 | 04.06. | 4    | In  |   |     | keimfrei | 0            |                            |
| 129 | 04.06. | 4    | Ex  |   |     | keimfrei | 0            |                            |
| 130 | 04.06. | 9    | In  |   |     | keimfrei | 0            | reichlich<br>Kondenswasser |
| 131 | 04.06. | 9    | Ex  |   |     | keimfrei | 0            |                            |
| 132 | 04.06. | 12   | In  |   |     | keimfrei | 0            | SW fraglich                |
| 133 | 04.06. | 12   | Ex  |   |     | keimfrei | 0            | SW fraglich                |
| 134 | 07.06. | 2    | In  |   |     | keimfrei | 0            |                            |
| 135 | 07.06. | 2    | Ex  |   |     | keimfrei | 0            |                            |
| 136 | 07.06. | 3    | In  |   |     | keimfrei | 0            |                            |

| NR  | Datum  | Saal | Ort | System  | Typ | Isolate  | GKBE<br>/ ml | Besonderheiten |
|-----|--------|------|-----|---|-----|----------|--------------|----------------|
| 137 | 07.06. | 3    | Ex  | <i>In dieser<br/>Phase<br/>nicht<br/>dokumentiert</i> |     | keimfrei | 0            |                |
| 138 | 07.06. | 4    | In  |   |     | keimfrei | 0            |                |
| 139 | 07.06. | 4    | Ex  |   |     | keimfrei | 0            |                |
| 140 | 07.06. | 9    | In  |   |     | keimfrei | 0            |                |
| 141 | 07.06. | 9    | Ex  |   |     | keimfrei | 0            |                |
| 142 | 07.06. | 12   | In  |   |     | keimfrei | 0            |                |
| 143 | 07.06. | 12   | Ex  |   |     | keimfrei | 0            |                |

Abkürzungen Tabelle 1: In = Abspülprobe der Inspiration; Ex = Abspülprobe der Expiration; SW= Schlauchwechsel bereits während des Betriebs erfolgt

**Tabelle 2: Probendokumentation Interventionszeitraum**

| NR  | Datum   | Saal | Ort | System | Typ  | Isolate  | GKBE / ml         | Besonderheiten                 |
|-----|---------|------|-----|--------|------|--|-------------------|--------------------------------|
| 200 | 26. 07. | 3    | In  | Sil    | Pri  | keimfrei   | 0                 |                                |
| 201 | 26. 07. | 3    | Ex  | Sil    | Pri  | keimfrei   | 0                 |                                |
| 202 | 26. 07. | 4    | In  | Sil    | CEM  | keimfrei   | 0                 | Gerätetausch;<br>Schläuche neu |
| 203 | 26. 07. | 4    | Ex  | Sil    | CEM  | keimfrei   | 0                 | Gerätetausch;<br>Schläuche neu |
| 204 | 26. 07. | 5    | In  | Sil    | CEM  | keimfrei   | 0                 |                                |
| 205 | 26. 07. | 5    | Ex  | Sil    | CEM  | keimfrei   | 0                 |                                |
| 206 | 26. 07. | 6    | In  | Sil    | Pri  | keimfrei   | 0                 |                                |
| 207 | 26. 07. | 6    | Ex  | Sil    | Pri  | keimfrei   | 0                 |                                |
| 208 | 26. 07. | 7    | In  | Sil    | Pri  | <i>Acinetobacter lwoffii</i>                                       | 4x10 <sup>6</sup> |                                |
| 209 | 26. 07. | 7    | Ex  | Sil    | Pri  | <i>Acinetobacter lwoffii</i>                                       | 5x10 <sup>6</sup> |                                |
| 210 | 26. 07. | 8    | In  | Sil    | CATO | keimfrei   | 0                 |                                |
| 211 | 26. 07. | 8    | Ex  | Sil    | CATO | keimfrei   | 0                 |                                |
| 212 | 26. 07. | 9    | In  | Sil    | Pri  | keimfrei   | 0                 |                                |
| 213 | 26. 07. | 9    | Ex  | Sil    | Pri  | keimfrei   | 0                 |                                |
| 214 | 26. 07. | 10   | In  | ESS    | CEM  | <i>Staph. saprophyticus</i> ;<br><i>Flavimonas oryzihabitans</i>   | 1x10 <sup>4</sup> |                                |
| 215 | 26. 07. | 10   | Ex  | ESS    | CEM  | 1 KBE: <i>Bacillus</i> ;<br><i>Flavimonas oryzihabitans</i>        | 5x10 <sup>4</sup> |                                |
| 216 | 26. 07. | 11   | In  | ESS    | Pri  | keimfrei   | 0                 |                                |
| 217 | 26. 07. | 11   | Ex  | ESS    | Pri  | <i>Enterobacter sakazakii</i> ;<br><i>Candida inconspicua</i>      | 4                 |                                |
| 218 | 26. 07. | 13   | In  | Sil    | CEM  | keimfrei   | 0                 |                                |
| 219 | 26. 07. | 13   | Ex  | Sil    | CEM  | keimfrei   | 0                 |                                |
| 220 | 28. 07. | 3    | In  | Sil    | Pri  | keimfrei   | 0                 | Schlauch lose                  |
| 221 | 28. 07. | 3    | Ex  | Sil    | Pri  | keimfrei   | 0                 | Schlauch lose                  |
| 222 | 28. 07. | 4    | In  | Sil    | CEM  | keimfrei   | 0                 |                                |
| 223 | 28. 07. | 4    | Ex  | Sil    | CEM  | keimfrei   | 0                 |                                |
| 224 | 28. 07. | 5    | In  | Sil    | CEM  | keimfrei   | 0                 |                                |
| 225 | 28. 07. | 5    | Ex  | Sil    | CEM  | keimfrei   | 0                 |                                |
| 226 | 28. 07. | 6    | In  | Sil    | Pri  | keimfrei   | 0                 |                                |
| 227 | 28. 07. | 6    | Ex  | Sil    | Pri  | keimfrei   | 0                 |                                |
| 228 | 28. 07. | 7    | In  | Sil    | Pri  | keimfrei   | 0                 |                                |
| 229 | 28. 07. | 7    | Ex  | Sil    | Pri  | keimfrei   | 0                 |                                |
| 230 | 28. 07. | 8    | In  | Sil    | CATO | <i>Acinetobacter baumannii</i>                                     | 2x10 <sup>2</sup> |                                |
| 231 | 28. 07. | 8    | Ex  | Sil    | CATO | <i>Acinetobacter baumannii</i> ;<br><i>Staphylococcus simulans</i> | 66                |                                |

| NR  | Datum   | Saal | Ort | System | Typ  | Isolate   | GKBE / ml | Besonderheiten                 |
|-----|---------|------|-----|--------|------|---|-----------|--------------------------------|
| 232 | 28. 07. | 9    | In  | Sil    | Pri  | keimfrei  | 0         |                                |
| 233 | 28. 07. | 9    | Ex  | Sil    | Pri  | keimfrei  | 0         |                                |
| 234 | 28. 07. | 10   | In  | ESS    | CEM  | keimfrei  | 0         |                                |
| 235 | 28. 07. | 10   | Ex  | ESS    | CEM  | <i>Enterobacter sakazakii</i>   | 8         |                                |
| 236 | 28. 07. | 11   | In  | ESS    | Pri  | keimfrei  | 0         |                                |
| 237 | 28. 07. | 11   | Ex  | ESS    | Pri  | keimfrei  | 0         |                                |
| 238 | 28. 07. | 13   | In  | Sil    | CEM  | keimfrei  | 0         | Gerätetausch;<br>Schlauch lose |
| 239 | 28. 07. | 13   | Ex  | Sil    | CEM  | keimfrei  | 0         | Gerätetausch;<br>Schlauch lose |
| 240 | 30. 07. | 3    | In  | Sil    | Pri  | keimfrei  | 0         |                                |
| 241 | 30. 07. | 3    | Ex  | Sil    | Pri  | keimfrei  | 0         |                                |
| 242 | 30. 07. | 4    | In  | Sil    | CEM  | keimfrei  | 0         |                                |
| 243 | 30. 07. | 4    | Ex  | Sil    | CEM  | keimfrei  | 0         |                                |
| 244 | 30. 07. | 5    | In  | Sil    | CEM  | keimfrei  | 0         |                                |
| 245 | 30. 07. | 5    | Ex  | Sil    | CEM  | keimfrei  | 0         |                                |
| 246 | 30. 07. | 6    | In  |        |      | keine Probenentnahme  |           | Gerätetausch;<br>Schläuche neu |
| 247 | 30. 07. | 6    | Ex  |        |      | keine Probenentnahme  |           | Gerätetausch;<br>Schläuche neu |
| 248 | 30. 07. | 7    | In  | Sil    | Pri  | <i>Aerococcus urinae</i>  | 22        |                                |
| 249 | 30. 07. | 7    | Ex  | Sil    | Pri  | <i>Aerococcus urinae</i>  | 48        |                                |
| 250 | 30. 07. | 8    | In  | Sil    | CATO | keimfrei  | 0         |                                |
| 251 | 30. 07. | 8    | Ex  | Sil    | CATO | keimfrei  | 0         |                                |
| 252 | 30. 07. | 9    | In  | Sil    | CEM  | keimfrei  | 0         |                                |
| 253 | 30. 07. | 9    | Ex  | Sil    | CEM  | keimfrei  | 0         |                                |
| 254 | 30. 07. | 10   | In  | ESS    | CEM  | keimfrei  | 0         |                                |
| 255 | 30. 07. | 10   | Ex  | ESS    | CEM  | <i>Acinetobacter lwoffii</i> ;<br><i>Pantoea agglomerans</i> ;<br><i>Enterobacter sp.</i> ;<br><i>Lactobacillus</i> ;<br><i>Acinetobacter baumannii</i> | 40        |                                |
| 256 | 30. 07. | 11   | In  | ESS    | Pri  | keimfrei  | 0         |                                |
| 257 | 30. 07. | 11   | Ex  | ESS    | Pri  | keimfrei  | 0         |                                |
| 258 | 30. 07. | 13   | In  | Sil    | CEM  | keimfrei  | 0         |                                |
| 259 | 30. 07. | 13   | Ex  | Sil    | CEM  | keimfrei  | 0         |                                |
| 260 | 02. 08. | 3    | In  | Sil    | Pri  | keimfrei  | 0         |                                |
| 261 | 02. 08. | 3    | Ex  | Sil    | Pri  | keimfrei  | 0         |                                |
| 262 | 02. 08. | 4    | In  | Sil    | CEM  | keimfrei  | 0         |                                |
| 263 | 02. 08. | 4    | Ex  | Sil    | CEM  | keimfrei  | 0         |                                |
| 264 | 02. 08. | 5    | In  | Sil    | CEM  | keimfrei  | 0         |                                |
| 265 | 02. 08. | 5    | Ex  | Sil    | CEM  | keimfrei  | 0         |                                |
| 266 | 02. 08. | 6    | In  | Sil    | CEM  | keimfrei  | 0         |                                |
| 267 | 02. 08. | 6    | Ex  | Sil    | CEM  | keimfrei  | 0         |                                |

| NR  | Datum   | Saal | Ort | System   | Typ  | Isolate   | GKBE / ml         | Besonderheiten                 |
|-----|---------|------|-----|----------|------|---|-------------------|--------------------------------|
| 268 | 02. 08. | 7    | In  | Sil      | Pri  | keimfrei  | 0                 |                                |
| 269 | 02. 08. | 7    | Ex  | Sil      | Pri  | keimfrei  | 0                 |                                |
| 270 | 02. 08. | 8    | In  | Sil      | CEM  | keimfrei  | 0                 | Gerätetausch;<br>Schläuche neu |
| 271 | 02. 08. | 8    | Ex  | Sil      | CEM  | keimfrei  | 0                 | Gerätetausch;<br>Schläuche neu |
| 272 | 02. 08. | 9    | In  | Sil      | CEM  | keimfrei  | 0                 |                                |
| 273 | 02. 08. | 9    | Ex  | Sil      | CEM  | keimfrei  | 0                 |                                |
| 274 | 02. 08. | 10   | In  | ESS      | CEM  | <i>Pantoea agglomerans</i> ;<br><i>Stenotrophomonas maltophilia</i> | 44                |                                |
| 275 | 02. 08. | 10   | Ex  | ESS      | CEM  | <i>Pantoea agglomerans</i> ;<br><i>Stenotrophomonas maltophilia</i> | 10                |                                |
| 276 | 02. 08. | 11   | In  | ESS      | Pri  | keimfrei  | 0                 |                                |
| 277 | 02. 08. | 11   | Ex  | ESS      | Pri  | keimfrei  | 0                 |                                |
| 278 | 02. 08. | 13   | In  | Sil      | CEM  | keimfrei  | 0                 |                                |
| 279 | 02. 08. | 13   | Ex  | Sil      | CEM  | keimfrei  | 0                 |                                |
| 280 | 04.08.  | 3    | In  | Sil      | Pri  | keimfrei  | 0                 |                                |
| 281 | 04. 08. | 3    | Ex  | Sil      | Pri  | keimfrei  | 0                 |                                |
| 282 | 04. 08. | 4    | In  | Sil      | CEM  | keimfrei  | 0                 |                                |
| 283 | 04. 08. | 4    | Ex  | Sil      | CEM  | keimfrei  | 0                 |                                |
| 284 | 04.08.  | 5    | In  | Sil      | Pri  | keimfrei  | 0                 |                                |
| 285 | 04. 08. | 5    | Ex  | Sil      | Pri  | keimfrei  | 0                 |                                |
| 286 | 04. 08. | 6    | In  | Sil      | CEM  | keimfrei  | 0                 |                                |
| 287 | 04. 08. | 6    | Ex  | Sil      | CEM  | keimfrei  | 0                 |                                |
| 288 | 04.08.  | 7    | In  | Sil      | Pri  | <i>Acinetobacter lwoffii</i> ;<br><i>Aerococcus urinae</i>          | 4x10 <sup>5</sup> |                                |
| 289 | 04. 08. | 7    | Ex  | Sil      | Pri  | <i>Acinetobacter lwoffii</i> ;<br><i>Aerococcus urinae</i>          | 4x10 <sup>4</sup> |                                |
| 290 | 04. 08. | 8    | In  | Sil      | CATO | keimfrei  | 0                 |                                |
| 291 | 04. 08. | 8    | Ex  | Sil      | CATO | keimfrei  | 0                 |                                |
| 292 | 04.08.  | 9    | In  | ESS blau | CEM  | keimfrei  | 0                 |                                |
| 293 | 04. 08. | 9    | Ex  | ESS blau | CEM  | keimfrei  | 0                 |                                |
| 294 | 04. 08. | 10   | In  | ESS      | CEM  | <i>Flavimonas oryzihabitans</i>                                     | 316               |                                |
| 295 | 04. 08. | 10   | Ex  | ESS      | CEM  | <i>Flavimonas oryzihabitans</i>                                     | 18                |                                |
| 296 | 04.08.  | 11   | In  |          |      | keine Probenentnahme  |                   | laufende OP                    |
| 297 | 04. 08. | 11   | Ex  |          |      | keine Probenentnahme  |                   | laufende OP                    |
| 298 | 04. 08. | 13   | In  | Sil      | CEM  | keimfrei  | 0                 |                                |
| 299 | 04. 08. | 13   | Ex  | Sil      | CEM  | keimfrei  | 0                 |                                |
| 300 | 06. 08. | 3    | In  | Sil      | Pri  | keimfrei  | 0                 |                                |
| 301 | 06. 08. | 3    | Ex  | Sil      | Pri  | keimfrei  | 0                 |                                |
| 302 | 06. 08. | 4    | In  | Sil      | CEM  | keimfrei  | 0                 |                                |

| NR  | Datum   | Saal | Ort | System | Typ | Isolate                          | GKBE / ml         | Besonderheiten |
|-----|---------|------|-----|--------|-----|----------------------------------|-------------------|----------------|
| 303 | 06. 08. | 4    | Ex  | Sil    | CEM | keimfrei                         | 0                 |                |
| 304 | 06. 08. | 5    | In  | Sil    | Pri | keimfrei                         | 0                 |                |
| 305 | 06. 08. | 5    | Ex  | Sil    | Pri | <i>Staphylococcus schleiferi</i> | 6                 |                |
| 306 | 06. 08. | 6    | In  | Sil    | CEM | keimfrei                         | 0                 |                |
| 307 | 06. 08. | 6    | Ex  | Sil    | CEM | keimfrei                         | 0                 |                |
| 308 | 06. 08. | 7    | In  | Sil    | Pri | keimfrei                         | 0                 |                |
| 309 | 06. 08. | 7    | Ex  | Sil    | Pri | <i>Acinetobacter lwoffii</i>     | 6x10 <sup>5</sup> |                |

|     |         |    |    |     |     |                                 |                     |                          |
|-----|---------|----|----|-----|-----|---------------------------------|---------------------|--------------------------|
| 310 | 06. 08. | 8  | In | Sil | CEM | keimfrei                        | 0                   |                          |
| 311 | 06. 08. | 8  | Ex | Sil | CEM | keimfrei                        | 0                   |                          |
| 312 | 06. 08. | 9  | In | Sil | CEM | keimfrei                        | 0                   |                          |
| 313 | 06. 08. | 9  | Ex | Sil | CEM | keimfrei                        | 0                   |                          |
| 314 | 06. 08. | 10 | In | ESS | CEM | <i>Flavimonas oryzihabitans</i> | 2x10 <sup>4</sup>   | Schlauchwechsel am 05/08 |
| 315 | 06. 08. | 10 | Ex | ESS | CEM | <i>Flavimonas oryzihabitans</i> | 3x10 <sup>3</sup>   | Schlauchwechsel am 05/08 |
| 316 | 06. 08. | 11 | In | ESS | Pri | keimfrei                        | 0                   |                          |
| 317 | 06. 08. | 11 | Ex | ESS | Pri | keimfrei                        | 0                   |                          |
| 318 | 06. 08. | 13 | In | Sil | CEM | keimfrei                        | 0                   |                          |
| 319 | 06. 08. | 13 | Ex | Sil | CEM | keimfrei                        | 0                   |                          |
| 320 | 09. 08. | 3  | In | Sil | Pri | keimfrei                        | 0                   |                          |
| 321 | 09. 08. | 3  | Ex | Sil | Pri | keimfrei                        | 0                   |                          |
| 322 | 09. 08. | 4  | In | Sil | CEM | keimfrei                        | 0                   |                          |
| 323 | 09. 08. | 4  | Ex | Sil | CEM | keimfrei                        | 0                   |                          |
| 324 | 09. 08. | 5  | In | Sil | Pri | keimfrei                        | 0                   |                          |
| 325 | 09. 08. | 5  | Ex | Sil | Pri | keimfrei                        | 0                   |                          |
| 326 | 09. 08. | 6  | In | Sil | CEM | keimfrei                        | 0                   |                          |
| 327 | 09. 08. | 6  | Ex | Sil | CEM | keimfrei                        | 0                   |                          |
| 328 | 09. 08. | 7  | In | Sil | Pri | <i>Acinetobacter lwoffii</i>    | 1x10 <sup>7</sup>   |                          |
| 329 | 09. 08. | 7  | Ex | Sil | Pri | <i>Acinetobacter lwoffii</i>    | 2,3x10 <sup>6</sup> |                          |
| 330 | 09. 08. | 8  | In | Sil | CEM | keimfrei                        | 0                   |                          |
| 331 | 09. 08. | 8  | Ex | Sil | CEM | keimfrei                        | 0                   |                          |
| 332 | 09. 08. | 9  | In | Sil | CEM | keimfrei                        | 0                   |                          |
| 333 | 09. 08. | 9  | Ex | Sil | CEM | keimfrei                        | 0                   |                          |
| 334 | 09. 08. | 10 | In | ESS | CEM | <i>Flavimonas oryzihabitans</i> | 140                 |                          |
| 335 | 09. 08. | 10 | Ex | ESS | CEM | <i>Flavimonas oryzihabitans</i> | 816                 |                          |
| 336 | 09. 08. | 11 | In | ESS | Pri | keimfrei                        | 0                   |                          |
| 337 | 09. 08. | 11 | Ex | ESS | Pri | keimfrei                        | 0                   |                          |
| 338 | 09. 08. | 13 | In | Sil | CEM | keimfrei                        | 0                   |                          |
| 339 | 09. 08. | 13 | Ex | Sil | CEM | keimfrei                        | 0                   |                          |
| 340 | 11. 08. | 3  | In | Sil | Pri | keimfrei                        | 0                   |                          |

| NR  | Datum   | Saal | Ort | System | Typ | Isolate  | GKBE / ml         | Besonderheiten     |
|-----|---------|------|-----|--------|-----|--|-------------------|--------------------|
| 341 | 11. 08. | 3    | Ex  | Sil    | Pri | keimfrei   | 0                 |                    |
| 342 | 11. 08. | 4    | In  | Sil    | CEM | keimfrei   | 0                 |                    |
| 343 | 11. 08. | 4    | Ex  | Sil    | CEM | keimfrei   | 0                 |                    |
| 344 | 11. 08. | 5    | In  | Sil    | Pri | keimfrei   | 0                 |                    |
| 345 | 11. 08. | 5    | Ex  | Sil    | Pri | keimfrei   | 0                 |                    |
| 346 | 11. 08. | 6    | In  | Sil    | CEM | keimfrei   | 0                 |                    |
| 347 | 11. 08. | 6    | Ex  | Sil    | CEM | keimfrei   | 0                 |                    |
| 348 | 11. 08. | 7    | In  | Sil    | Pri | <i>Acinetobacter sp.</i>   | $3,5 \times 10^7$ |                    |
| 349 | 11. 08. | 7    | Ex  | Sil    | Pri | <i>Acinetobacter sp.</i>   | $6 \times 10^5$   |                    |
| 350 | 11. 08. | 8    | In  | Sil    | CEM | keimfrei   | 0                 |                    |
| 351 | 11. 08. | 8    | Ex  | Sil    | CEM | keimfrei   | 0                 |                    |
| 352 | 11. 08. | 9    | In  | Sil    | CEM | keimfrei   | 0                 |                    |
| 353 | 11. 08. | 9    | Ex  | Sil    | CEM | keimfrei   | 0                 |                    |
| 354 | 11. 08. | 10   | In  |        |     | keine Probenentnahme   |                   | laufende OP        |
| 355 | 11. 08. | 10   | Ex  |        |     | keine Probenentnahme   |                   | laufende OP        |
| 356 | 11. 08. | 11   | In  | ESS    | Pri | keimfrei   | 0                 |                    |
| 357 | 11. 08. | 11   | Ex  | ESS    | Pri | keimfrei   | 0                 |                    |
| 358 | 11. 08. | 13   | In  | Sil    | CEM | keimfrei   | 0                 |                    |
| 359 | 11. 08. | 13   | Ex  | Sil    | CEM | keimfrei   | 0                 |                    |
| 360 | 13. 08. | 3    | In  | Sil    | Pri | keimfrei   | 0                 |                    |
| 361 | 13. 08. | 3    | Ex  | Sil    | Pri | keimfrei   | 0                 |                    |
| 362 | 13. 08. | 4    | In  | Sil    | CEM | keimfrei   | 0                 |                    |
| 363 | 13. 08. | 4    | Ex  | Sil    | CEM | keimfrei   | 0                 |                    |
| 364 | 13. 08. | 5    | In  | Sil    | Pri | keimfrei   | 0                 |                    |
| 365 | 13. 08. | 5    | Ex  | Sil    | Pri | keimfrei   | 0                 |                    |
| 366 | 13. 08. | 6    | In  | Sil    | CEM | keimfrei   | 0                 |                    |
| 367 | 13. 08. | 6    | Ex  | Sil    | CEM | keimfrei   | 0                 |                    |
| 368 | 13. 08. | 7    | In  | Sil    | Pri | <i>Acinetobacter sp.</i>   | 10                |                    |
| 369 | 13. 08. | 7    | Ex  | Sil    | Pri | <i>Acinetobacter sp.</i>   | 40                |                    |
| 370 | 13. 08. | 8    | In  |        |     | keine Probenentnahme   |                   | laufende OP        |
| 371 | 13. 08. | 8    | Ex  |        |     | keine Probenentnahme   |                   | laufende OP        |
| 372 | 13. 08. | 9    | In  | Sil    | CEM | keimfrei   | 0                 |                    |
| 373 | 13. 08. | 9    | Ex  | Sil    | CEM | keimfrei   | 0                 |                    |
| 374 | 13. 08. | 10   | In  | ESS    | CEM | keimfrei   | 0                 | Schlauch vom 09/08 |
| 375 | 13. 08. | 10   | Ex  | ESS    | CEM | <i>Corynebacterium sp.;</i><br><i>Stenotrophomonas maltophilia;</i><br><i>Enterobacter sakazakii</i> | $2 \times 10^3$   | Schlauch vom 09/08 |
| 376 | 13. 08. | 11   | In  | ESS    | Pri | keimfrei   | 0                 |                    |
| 377 | 13. 08. | 11   | Ex  | ESS    | Pri | keimfrei   | 0                 |                    |
| 378 | 13. 08. | 13   | In  | Sil    | CEM | keimfrei   | 0                 |                    |
| 379 | 13. 08. | 13   | Ex  | Sil    | CEM | keimfrei   | 0                 |                    |
| 380 | 16. 08. | 3    | In  | Sil    | Pri | keimfrei   | 0                 |                    |



| NR  | Datum   | Saal | Ort | System   | Typ | Isolate   | GKBE / ml           | Besonderheiten   |
|-----|---------|------|-----|----------|-----|---|---------------------|--|
| 381 | 16. 08. | 3    | Ex  | Sil      | Pri | keimfrei  | 0                   |  |
| 382 | 16. 08. | 4    | In  | Sil      | CEM | keimfrei  | 0                   |  |
| 383 | 16. 08. | 4    | Ex  | Sil      | CEM | keimfrei  | 0                   |  |
| 384 | 16. 08. | 5    | In  | Sil      | Pri | keimfrei  | 0                   |  |
| 385 | 16. 08. | 5    | Ex  | Sil      | Pri | keimfrei  | 0                   |  |
| 386 | 16. 08. | 6    | In  | Sil      | CEM | keimfrei  | 0                   |  |
| 387 | 16. 08. | 6    | Ex  | Sil      | CEM | keimfrei  | 0                   |  |
| 388 | 16. 08. | 7    | In  | Sil      | Pri | keimfrei  | 0                   |  |
| 389 | 16. 08. | 7    | Ex  | Sil      | Pri | <i>Acinetobacter lwoffii</i>  | 2                   |  |
| 390 | 16. 08. | 8    | In  | Sil      | CEM | keimfrei  | 0                   |  |
| 391 | 16. 08. | 8    | Ex  | Sil      | CEM | keimfrei  | 0                   |  |
| 392 | 16. 08. | 9    | In  | Sil      | CEM | keimfrei  | 0                   |  |
| 393 | 16. 08. | 9    | Ex  | Sil      | CEM | keimfrei  | 0                   |  |
| 394 | 16. 08. | 10   | In  | ESS      | CEM | <i>Flavimonas oryzihabitans</i>   | 662                 |  |
| 395 | 16. 08. | 10   | Ex  | ESS      | CEM | <i>Flavimonas oryzihabitans</i> ;<br><i>Micrococcus luteus</i> ;<br><i>Corynebacterium sp.</i> ;<br><i>Acinetobacter lwoffii</i> ;<br><i>Pantoea agglomerans</i> ;<br><i>Staph. saprophyticus</i> | 3x10 <sup>2</sup>   |  |
| 396 | 16. 08. | 11   | In  | ESS blau | Pri | keimfrei  | 0                   |  |
| 397 | 16. 08. | 11   | Ex  | ESS blau | Pri | keimfrei  | 0                   |  |
| 398 | 16. 08. | 13   | In  | Sil      | CEM | keimfrei  | 0                   |  |
| 399 | 16. 08. | 13   | Ex  | Sil      | CEM | keimfrei  | 0                   |  |
| 400 | 18. 08. | 3    | In  | Sil dop  | Pri | keimfrei  | 0                   | Schlauchsysteme<br>diskonnektiert auf<br>den<br>Narkosegeräten<br>liegend<br>vorgefunden |
| 401 | 18. 08. | 3    | Ex  | Sil dop  | Pri | keimfrei  | 0                   |  |
| 402 | 18. 08. | 4    | In  | Sil      | CEM | keimfrei  | 0                   |  |
| 403 | 18. 08. | 4    | Ex  | Sil      | CEM | keimfrei  | 0                   |  |
| 404 | 18. 08. | 5    | In  | Sil      | Pri | keimfrei  | 0                   |  |
| 405 | 18. 08. | 5    | Ex  | Sil      | Pri | keimfrei  | 0                   |  |
| 406 | 18. 08. | 6    | In  | Sil      | CEM | keimfrei  | 0                   |  |
| 407 | 18. 08. | 6    | Ex  | Sil      | CEM | keimfrei  | 0                   |  |
| 408 | 18. 08. | 7    | In  | Sil      | Pri | <i>Acinetobacter lwoffii</i>  | 4x10 <sup>6</sup>   |  |
| 409 | 18. 08. | 7    | Ex  | Sil      | Pri | <i>Acinetobacter lwoffii</i>  | 1,5x10 <sup>6</sup> |  |
| 410 | 18. 08. | 8    | In  | Sil      | CEM | keimfrei  | 0                   |  |
| 411 | 18. 08. | 8    | Ex  | Sil      | CEM | keimfrei  | 0                   |  |
| 412 | 18. 08. | 9    | In  | Sil      | CEM | keimfrei  | 0                   |  |
| 413 | 18. 08. | 9    | Ex  | Sil      | CEM | keimfrei  | 0                   |  |
| 414 | 18. 08. | 10   | In  | Sil dop  | CEM | <i>Flavimonas oryzihabitans</i>   | 26                  |  |
| 415 | 18. 08. | 10   | Ex  | Sil dop  | CEM | keimfrei  | 0                   |  |
| 416 | 18. 08. | 11   | In  | ESS      | Pri | keimfrei  | 0                   |  |
| 417 | 18. 08. | 11   | Ex  | ESS      | Pri | keimfrei  | 0                   |  |

| NR  | Datum   | Saal | Ort | System | Typ | Isolate  | GKBE / ml | Besonderheiten |
|-----|---------|------|-----|--------|-----|----------|-----------|----------------|
| 418 | 18. 08. | 13   | In  | Sil    | CEM | keimfrei | 0         |                |
| 419 | 18. 08. | 13   | Ex  | Sil    | CEM | keimfrei | 0         |                |

Abkürzungen Tabelle 2: In = Abspülprobe der Inspiration; Ex = Abspülprobe der Expiration; Sil = Silikonschläuche; Sil dop = zwei gekoppelte Silikonschläuche; ESS= Einmalschlauchsystem (Dahlhausen GmbH); ESS blau = Einmalschlauchsystem (Intersurgical); Pri = Dräger Primus; CEM = Dräger Cicero EM; CATO = Dräger CATO;

**Tabelle 3: Probendokumentation Routinebetrieb II**

| NR  | Datum   | Saal | Ort | System  | Typ | Isolate  | GKBE<br>/ ml      | Besonderheiten |
|-----|---------|------|-----|---------|-----|--|-------------------|----------------|
| 500 | 19. 08. | 7    | In  | Sil     | Pri | keimfrei   | 0                 |                |
| 501 | 19. 08. | 7    | Ex  | Sil     | Pri | keimfrei   | 0                 |                |
| 502 | 19. 08. | 8    | In  | Sil     | CEM | keimfrei   | 0                 |                |
| 503 | 19. 08. | 8    | Ex  | Sil     | CEM | keimfrei   | 0                 |                |
| 504 | 19. 08. | 9    | In  | Sil     | CEM | keimfrei   | 0                 |                |
| 505 | 19. 08. | 9    | Ex  | Sil     | CEM | keimfrei   | 0                 |                |
| 506 | 19. 08. | 10   | In  | Sil dop | CEM | <i>Flavimonas oryzihabitans</i>  | 1x10 <sup>4</sup> |                |
| 507 | 19. 08. | 10   | Ex  | Sil dop | CEM | <i>Flavimonas oryzihabitans</i>  | 44                |                |
| 508 | 19. 08. | 11   | In  | ESS     | Pri | keimfrei   | 0                 |                |
| 509 | 19. 08. | 11   | Ex  | ESS     | Pri | <i>Enterobacter gergoviae</i> ;<br><i>Bacillus circulans</i>   | 4                 |                |
| 510 | 20. 08. | 7    | In  | Sil     | Pri | keimfrei   | 0                 |                |
| 511 | 20. 08. | 7    | Ex  | Sil     | Pri | <i>Acinetobacter lwoffii</i>   | 518               |                |
| 512 | 20. 08. | 8    | In  | Sil     | CEM | keimfrei   | 0                 |                |
| 513 | 20. 08. | 8    | Ex  | Sil     | CEM | keimfrei   | 0                 |                |
| 514 | 20. 08. | 9    | In  | Sil     | CEM | keimfrei   | 0                 |                |
| 515 | 20. 08. | 9    | Ex  | Sil     | CEM | keimfrei   | 0                 |                |
| 516 | 20. 08. | 10   | In  | Sil dop | CEM | keimfrei   | 0                 |                |
| 517 | 20. 08. | 10   | Ex  | Sil dop | CEM | keimfrei   | 0                 |                |
| 518 | 20. 08. | 11   | In  | Sil dop | Pri | keimfrei   | 0                 |                |
| 519 | 20. 08. | 11   | Ex  | Sil dop | Pri | keimfrei   | 0                 |                |
| 520 | 23. 08. | 7    | In  | Sil     | Pri | keimfrei   | 0                 |                |
| 521 | 23. 08. | 7    | Ex  | Sil     | Pri | keimfrei   | 0                 |                |
| 522 | 23. 08. | 8    | In  | Sil     | CEM | keimfrei   | 0                 |                |
| 523 | 23. 08. | 8    | Ex  | Sil     | CEM | keimfrei   | 0                 |                |
| 524 | 23. 08. | 9    | In  | Sil     | CEM | keimfrei   | 0                 |                |
| 525 | 23. 08. | 9    | Ex  | Sil     | CEM | keimfrei   | 0                 |                |
| 526 | 23. 08. | 10   | In  | Sil dop | CEM | keimfrei   | 0                 |                |
| 527 | 23. 08. | 10   | Ex  | Sil dop | CEM | keimfrei   | 0                 |                |
| 528 | 23. 08. | 11   | In  | ESS     | Pri | keimfrei   | 0                 |                |
| 529 | 23. 08. | 11   | Ex  | ESS     | Pri | <i>Corynebacterium aquaticum</i>   | 128               |                |
| 530 | 24. 08. | 7    | In  | Sil     | Pri | keimfrei   | 0                 |                |
| 531 | 24. 08. | 7    | Ex  | Sil     | Pri | keimfrei   | 0                 |                |
| 532 | 24. 08. | 8    | In  | Sil     | CEM | keimfrei   | 0                 |                |
| 533 | 24. 08. | 8    | Ex  | Sil     | CEM | keimfrei   | 0                 |                |
| 534 | 24. 08. | 9    | In  | Sil     | CEM | keimfrei   | 0                 |                |
| 535 | 24. 08. | 9    | Ex  | Sil     | CEM | keimfrei   | 0                 |                |
| 536 | 24. 08. | 10   | In  | ESS     | CEM | <i>Acinetobacter lwoffii</i> ;<br><i>Flavimonas oryzihabitans</i> ;<br><i>Enterobacter sakazakii</i> | 6                 |                |

| NR  | Datum   | Saal | Ort | System  | Typ | Isolate  | GKBE<br>/ ml      | Besonderheiten       |
|-----|---------|------|-----|---------|-----|--|-------------------|----------------------|
| 537 | 24. 08. | 10   | Ex  | ESS     | CEM | <i>Flavimonas oryzihabitans</i> ;<br><i>Enterobacter sakazakii</i> | 32                |                      |
| 538 | 24. 08. | 11   | In  | ESS     | Pri | keimfrei   | 0                 |                      |
| 539 | 24. 08. | 11   | Ex  | ESS     | Pri | keimfrei   | 0                 |                      |
| 540 | 26. 08. | 7    | In  | Sil     | Pri | keimfrei   | 0                 |                      |
| 541 | 26. 08. | 7    | Ex  | Sil     | Pri | keimfrei   | 0                 |                      |
| 542 | 26. 08. | 8    | In  | Sil     | CEM | keimfrei   | 0                 |                      |
| 543 | 26. 08. | 8    | Ex  | Sil     | CEM | keimfrei   | 0                 |                      |
| 544 | 26. 08. | 9    | In  | Sil     | CEM | keimfrei   | 0                 |                      |
| 545 | 26. 08. | 9    | Ex  | Sil     | CEM | keimfrei   | 0                 |                      |
| 546 | 26. 08. | 10   | In  | Sil dop | CEM | <i>Flavimonas oryzihabitans</i>                                    | 2x10 <sup>4</sup> |                      |
| 547 | 26. 08. | 10   | Ex  | Sil dop | CEM | <i>Flavimonas oryzihabitans</i>                                    | 14                |                      |
| 548 | 26. 08. | 11   | In  | Sil dop | Pri | keimfrei   | 0                 |                      |
| 549 | 26. 08. | 11   | Ex  | Sil dop | Pri | keimfrei   | 0                 |                      |
| 550 | 27. 08. | 7    | In  | Sil     | Pri | keimfrei   | 0                 |                      |
| 551 | 27. 08. | 7    | Ex  | Sil     | Pri | keimfrei   | 0                 |                      |
| 552 | 27. 08. | 8    | In  | Sil     | CEM | keimfrei   | 0                 |                      |
| 553 | 27. 08. | 8    | Ex  | Sil     | CEM | keimfrei   | 0                 |                      |
| 554 | 27. 08. | 9    | In  |         |     | keine Probenentnahme   | -                 | SW                   |
| 555 | 27. 08. | 9    | Ex  |         |     | keine Probenentnahme   | -                 | SW                   |
| 556 | 27. 08. | 10   | In  |         |     | keine Probenentnahme   | -                 | keine<br>Operationen |
| 557 | 27. 08. | 10   | Ex  |         |     | keine Probenentnahme   | -                 | keine<br>Operationen |
| 558 | 27. 08. | 11   | In  |         |     | keine Probenentnahme   | -                 | keine<br>Operationen |
| 559 | 27. 08. | 11   | Ex  |         |     | keine Probenentnahme   | -                 | keine<br>Operationen |

Abkürzungen Tabelle 3: In = Abspülprobe der Inspiration; Ex = Abspülprobe der Expiration; Sil = Silikonschläuche; Sil dop = zwei gekoppelte Silikonschläuche; ESS= Einmalschlauchsystem; Pri = Dräger Primus; CEM = Dräger Cicero EM; SW= Schlauchwechsel bereits während des Betriebs erfolgt

**Tabelle 4: Probendokumentation der Gerätetest**

| NR  | Datum   | Saal | Ort          | Typ | Isolate   | GKBE / ml           | Besonderheiten           |
|-----|---------|------|--------------|-----|---|---------------------|--------------------------|
| 600 | 27. 08. | 7    | In A         | Pri | <i>Acinetobacter lwoffii</i> ;<br><i>Fusarium sp.</i>       | -                   | Abstrichtupfer           |
| 601 | 27. 08. | 7    | Ex A         | Pri | keimfrei  | -                   | Abstrichtupfer           |
| 602 | 27. 08. | 8    | In A         | CEM | keimfrei  | -                   | Abstrichtupfer           |
| 603 | 27. 08. | 8    | Ex A         | CEM | keimfrei  | -                   | Abstrichtupfer           |
| 604 | 27. 08. | 9    | In A         | CEM | keimfrei  | -                   | Abstrichtupfer           |
| 605 | 27. 08. | 9    | Ex A         | CEM | keimfrei  | -                   | Abstrichtupfer           |
| 606 | 27. 08. | 10   | In A         | CEM | <i>Flavimonas oryzihabitans</i>                             | -                   | Abstrichtupfer           |
| 607 | 27. 08. | 10   | Ex A         | CEM | keimfrei  | -                   | Abstrichtupfer           |
| 608 | 27. 08. | 11   | In A         | Pri | keimfrei  | -                   | Abstrichtupfer           |
| 609 | 27. 08. | 11   | Ex A         | Pri | keimfrei  | -                   | Abstrichtupfer           |
| 610 | 30. 08. | 7    | Rollmembran  | Pri | keimfrei  | 0                   |                          |
| 611 | 30. 08. | 7    | In SK        | Pri | <i>Acinetobacter lwoffii</i>                                | 1x10 <sup>4</sup>   |                          |
| 612 | 30. 08. | 7    | Ex SK        | Pri | <i>Acinetobacter lwoffii</i> ;<br><i>Cladosporium sp.</i>   | 2,5x10 <sup>3</sup> |                          |
| 613 | 30. 08. | 7    | WF MG        | Pri | keimfrei  | 0                   |                          |
| 614 | 30. 08. | 7    | Ventilplatte | Pri | keimfrei  | -                   | Abstrichtupfer           |
| 615 | 30. 08. | 7    | Deckel       | Pri | keimfrei  | -                   | Abstrichtupfer           |
| 616 | 30. 08. | 8    | Ventilplatte | CEM | keimfrei  | -                   | Abstrichtupfer           |
| 617 | 30. 08. | 8    | In SK        | CEM | keimfrei  | 0                   |                          |
| 618 | 30. 08. | 8    | Ex SK        | CEM | keimfrei  | 0                   |                          |
| 619 | 30. 08. | 8    | Rollmembran  | CEM | keimfrei  | 0                   |                          |
| 620 | 30. 08. | 8    | WF MG        | CEM | keimfrei  | 0                   |                          |
| 621 | 30. 08. | 8    | Schlauch     | CEM | keimfrei  | 0                   |                          |
| 622 | 30. 08. | 10   | Ventilplatte | CEM | keimfrei  | -                   | Abstrichtupfer           |
| 623 | 30. 08. | 10   | Rollmembran  | CEM | keimfrei  | 0                   |                          |
| 624 | 30. 08. | 10   | WF MG        | CEM | keimfrei  | 0                   | Kondenswasser<br>gefüllt |
| 625 | 30. 08. | 10   | Schlauch     | CEM | keimfrei  | 0                   |                          |
| 626 | 30. 08. | 10   | Ex SK        | CEM | keimfrei  | 0                   |                          |
| 627 | 30. 08. | 10   | In SK        | CEM | <i>Flavimonas oryzihabitans</i> ;<br><i>Micrococcus sp.</i> | 8                   |                          |
| 628 | 30. 08. | 11   | WF MG        | Pri | keimfrei  | 0                   |                          |
| 629 | 30. 08. | 11   | Rollmembran  | Pri | keimfrei  | 0                   |                          |
| 630 | 30. 08. | 11   | Ventilplatte | Pri | keimfrei  | -                   | Abstrichtupfer           |
| 631 | 30. 08. | 11   | In SK        | Pri | keimfrei  | 0                   |                          |
| 632 | 30. 08. | 11   | Ex SK        | Pri | keimfrei  | 0                   |                          |
| 633 | 30. 08. | 11   | Deckel       | Pri | keimfrei  | -                   | Abstrichtupfer           |

Abkürzungen Tabelle 4: In A = Ansatzstück Inspiration; Ex A= Ansatzstück Expiration;  
In SK = Inspiration Steuerkopf; Ex SK = Expiration Steuerkopf; WF MG = Wasserfalle  
Messgasabsaugung; Pri=Dräger Primus; CEM=Dräger Cicero EM; CATO=Dräger CATO

**Tabelle 5: Keimspektrum der Abspülproben**

| Spezies                             | KBE/ml  |                   | Tage | Anzahl | Saal  |
|-------------------------------------|---------|-------------------|------|--------|-------|
|                                     | minimal | maximal           |      |        |       |
| <i>Acinetobacter baumannii</i>      | -       | -                 | 2    | 2      | 8+10  |
| <i>Acinetobacter lwoffii</i>        | 2       | $2,3 \times 10^6$ | 18   | 10     | 7+10  |
| <i>Acinetobacter sp.</i>            | 10      | $3,5 \times 10^7$ | 2    | 2      | 7     |
| <i>Aerococcus urinae</i>            | 22      | 48                | 2    | 2      | 7     |
| <i>Bacillus circulans</i>           | -       | -                 | 1    | 1      | 11    |
| <i>Bacillus sp.</i>                 | 1       | -                 | 3    | 1      | 10    |
| <i>Candida inconspicua</i>          | -       | -                 | 3    | 1      | 11    |
| <i>Corynebacterium aquaticum</i>    | 128     | -                 | 3    | 1      | 11    |
| <i>Corynebacterium sp.</i>          | -       | -                 | 4    | 2      | 10    |
| <i>Enterobacter gergoviae</i>       | -       | -                 | 1    | 1      | 11    |
| <i>Enterobacter sakazakii</i>       | 8       | -                 | 6    | 3      | 10+11 |
| <i>Enterobacter sp.</i>             | -       | -                 | 1    | 1      | 10    |
| <i>Flavimonas oryzae</i>            | 14      | $2 \times 10^4$   | 15   | 9      | 10    |
| <i>Lactobacillus</i>                | -       | -                 | 1    | 1      | 10    |
| <i>Micrococcus luteus</i>           | -       | -                 | 3    | 1      | 10    |
| <i>Pantoea agglomerans</i>          | -       | -                 | 7    | 3      | 10    |
| <i>Staphylococcus saprophyticus</i> | -       | -                 | 6    | 2      | 10    |
| <i>Staphylococcus schleiferi</i>    | 6       | -                 | 1    | 1      | 5     |
| <i>Staphylococcus simulans</i>      | -       | -                 | 1    | 1      | 8     |
| <i>Stenotrophomonas maltophilia</i> | -       | -                 | 4    | 2      | 10    |

Abkürzungen Tabelle 5: Tage = Anzahl der Tage mit Keimnachweis; Anzahl = Anzahl der Keimnachweise

Anmerkung: Es wurden die GKBE/ml bestimmt; daher ist die Angabe der KBE nur möglich, wenn die Probe nur eine Spezies enthielt

**Tabelle 6: Anzahl der überprüften Schlauchsysteme je Saal in den unterschiedlich langen Wechselintervallen**

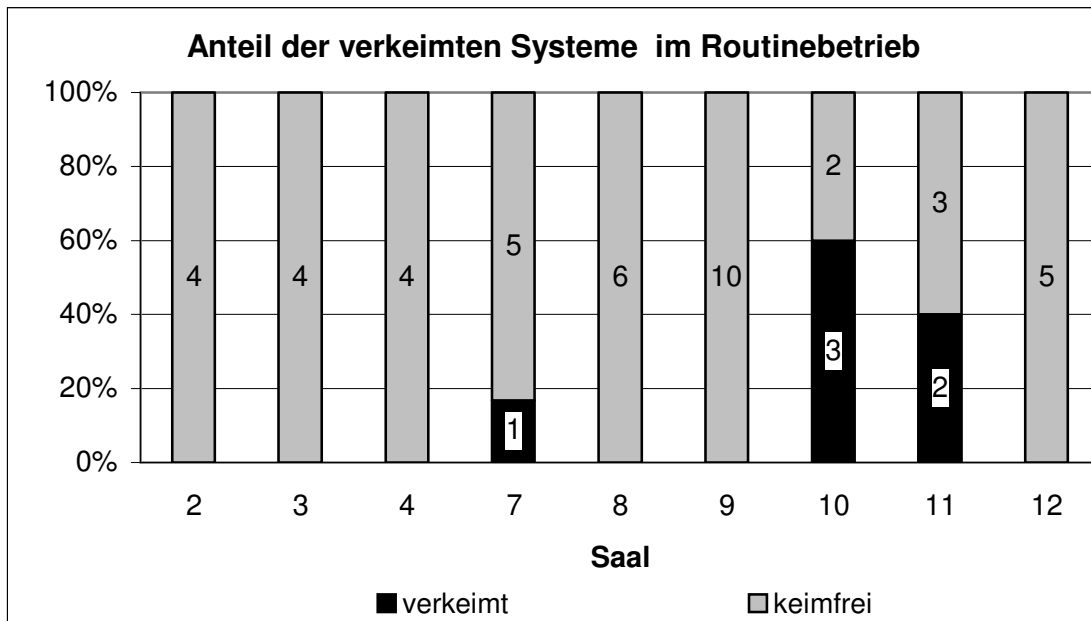
| Saal            | 24 Stunden   |              | 48 Stunden   |              | 72 Stunden   |              |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                 | Keimfrei     | kontaminiert | keimfrei     | kontaminiert | keimfrei     | kontaminiert |
| 2               | 3            | 0            | -            | -            | 1            | 0            |
| 3               | 3            | 0            | 7            | 0            | 5            | 0            |
| 4               | 3            | 0            | 7            | 0            | 5            | 0            |
| 5               | -            | -            | 6            | 1            | 4            | 0            |
| 6               | -            | -            | 6            | 0            | 4            | 0            |
| 7               | 4            | 1            | 1            | 6            | 2            | 3            |
| 8               | 5            | 0            | 5            | 1            | 5            | 0            |
| 9               | 8            | 0            | 7            | 0            | 6            | 0            |
| 10              | 1            | 3            | 1            | 5            | 1            | 4            |
| 11              | 3            | 1            | 6            | 0            | 3            | 2            |
| 12              | 4            | 0            | -            | -            | 1            | 0            |
| 13              | -            | -            | 7            | 0            | 4            | 0            |
|                 |              |              |              |              |              |              |
| <b>Gesamt</b>   | 34           | 5            | 53           | 13           | 41           | 9            |
|                 |              |              |              |              |              |              |
| <b>Prozent</b>  | <b>87,18</b> | <b>12,82</b> | <b>80,30</b> | <b>19,70</b> | <b>82,00</b> | <b>18,00</b> |
|                 |              |              |              |              |              |              |
|                 |              |              |              |              |              |              |
| <b>Gesamt*</b>  | 29           | 1            | 51           | 2            | 38           | 2            |
|                 |              |              |              |              |              |              |
| <b>Prozent*</b> | <b>96,67</b> | <b>3,33</b>  | <b>96,23</b> | <b>3,77</b>  | <b>95,00</b> | <b>5,00</b>  |

Anmerkung: \*Analyse der Daten unter Ausschluss der Säle 7 und 10

**Tabelle 7: Zuordnung der Fachdisziplinen zu den Operationssälen**

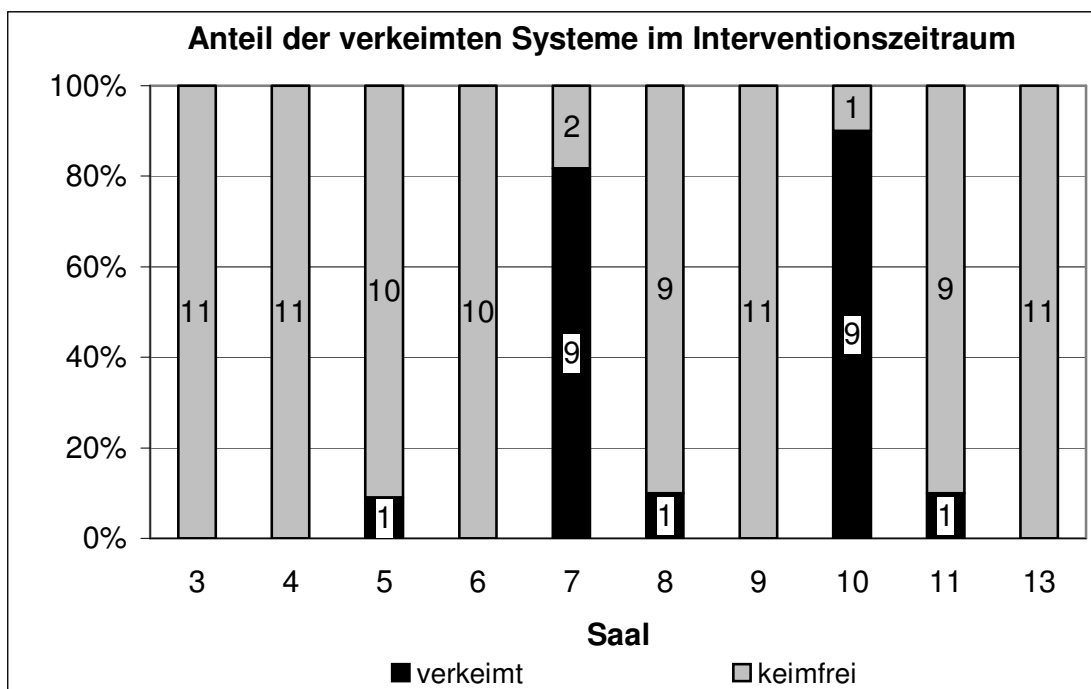
| Fachdisziplin                         | Saal  |
|---------------------------------------|-------|
| Urologie                              | 2,3   |
| Viszeral-, Thorax- und Gefäßchirurgie | 4,5,6 |
| Unfallchirurgie                       | 7,8   |
| Orthopädie                            | 9,12  |
| Neurochirurgie                        | 10,11 |
| Herz- und thorakale Gefäßchirurgie    | 13    |

Anmerkung: hauptsächliche Nutzung angegeben; Änderungen bei Notfalleingriffen / besonderen Vorkommnissen möglich



**Abbildung 3: Anteil der kontaminierten Schlauchsysteme im Routinebetrieb**

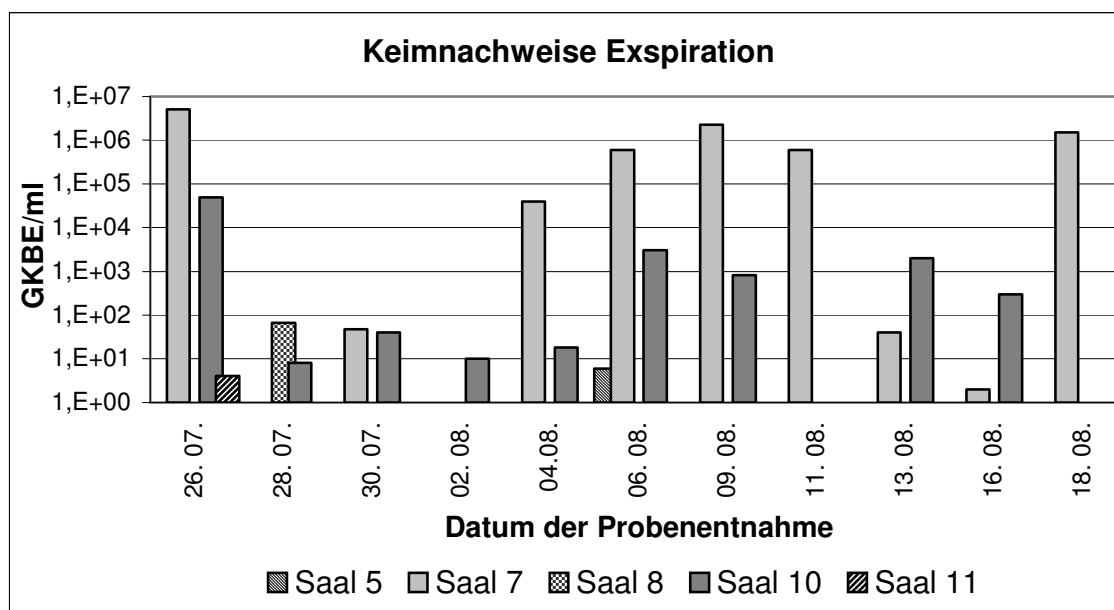
Verteilung der Verkeimung in Prozent; Zahl im Balken entspricht Probenanzahl



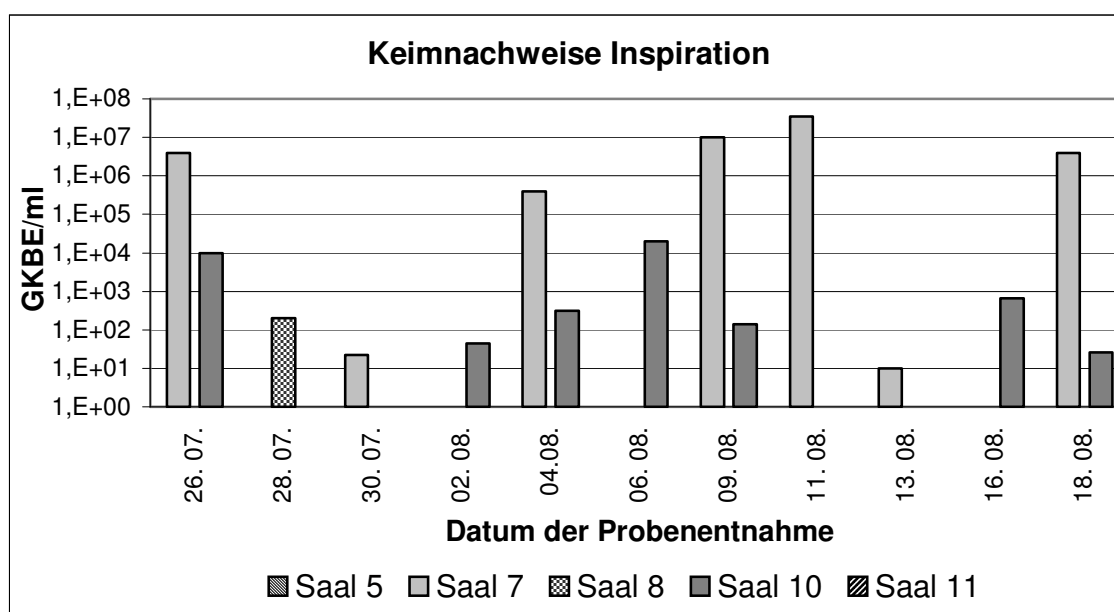
**Abbildung 4: Anteil der kontaminierten Schlauchsysteme im Interventionszeitraum**

Verteilung der Verkeimung in Prozent; Zahl im Balken entspricht Probenanzahl





**Abbildung 5: Keimnachweise im Expirationsschenkel in der Interventionsphase**



**Abbildung 6: Keimnachweise im Inspirationsschenkel in der Interventionsphase**

## 6 Literatur

### Literaturverzeichnis

- Adriani, J., Rovenstine, E. A.: Experimental studies on carbon dioxide absorbers for anesthesia. *Anesthesiology*: 2: 1-19; 1941
- Aguirre, M., Collins, M. D.: Phylogenetic analysis of some *Aerococcus*-like organisms from urinary tract infections: description of *Aerococcus urinae* sp. nov. *J.Gen.Microbiol.*: 138(2): 401-405; 1992
- Akca, O., Koltka, K., Uzel, S., Cakar, N., Pembeci, K., Sayan, M. A., Tutuncu, A. S., Karakas, S. E., Calangu, S., Ozkan, T., Esen, F., Telci, L., Sessler, D. I., Akpir, K.: Risk factors for early-onset, ventilator-associated pneumonia in critical care patients: selected multiresistant versus nonresistant bacteria. *Anesthesiology*: 93(3): 638-645; 2000
- Anzai, Y., Kudo, Y., Oyaizu, H.: The phylogeny of the genera *Chryseomonas*, *Flavimonas*, and *Pseudomonas* supports synonymy of these three genera. *Int.J.Syst.Bacteriol.*: 47(2): 249-251; 1997
- Bach, A., Bauer, M.: Economic aspects of anesthesia. I. Health care reform in the German Republic. *Anesthesiol.Intensivmed Notfallmed.Schmerzther.*: 33(3): 135-149; 1998
- Bauer, M., Hanss, R., Schleppers, A., Steinfath, M., Tonner, P. H., Martin, J.: Procedure optimization in hospital management. *Anaesthesist*: 53(5): 414-426; 2004
- Bengtson, J. P., Brandberg, A., Brinkhoff, B., Sonander, H., Stenqvist, O.: Low-flow anaesthesia does not increase the risk of microbial contamination through the circle absorber system. *Acta Anaesthesiol.Scand.*: 33(1): 89-92; 1989
- Bergogne-Berezin, E., Towner, K. J.: *Acinetobacter* spp. as nosocomial pathogens: microbiological, clinical, and epidemiological features. *Clin.Microbiol.Rev.*: 9(2): 148-165; 1996
- Busse, R., Schwartz, F. W.: Financing reforms in the German hospital sector: from full cost cover principle to prospective case fees. *Med.Care*: 35(10 Suppl): OS40-OS49; 1997
- CDC: Guidelines for preventing health-care-associated pneumonia, 2003 recommendations of the CDC and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee. *Respir.Care*: 49(8): 926-939; 2004
- Cheadle, W. G., Mercer-Jones, M., Heinzelmann, M., Polk, H. C., Jr.: Sepsis and septic complications in the surgical patient: who is at risk? *Shock*: 6 Suppl 1: S6-S9; 1996
- Chow, J. W., Yu, V. L., Shlaes, D. M.: Epidemiologic perspectives on *Enterobacter* for the infection control professional. *Am.J.Infect.Control*: 22(4): 195-201; 1994

- Combes, A., Figliolini, C., Trouillet, J. L., Kassis, N., Dombret, M. C., Wolff, M., Gibert, C., Chastre, J.: Factors predicting ventilator-associated pneumonia recurrence. *Crit Care Med.*: 31(4): 1102-1107; 2003
- Cook, D. J., Reeve, B. K., Guyatt, G. H., Heyland, D. K., Griffith, L. E., Buckingham, L., Tryba, M.: Stress ulcer prophylaxis in critically ill patients. Resolving discordant meta-analyses. *JAMA*: 275(4): 308-314; 1996
- Cook, D. J., Walter, S. D., Cook, R. J., Griffith, L. E., Guyatt, G. H., Leasa, D., Jaeschke, R. Z., Brun-Buisson, C.: Incidence of and risk factors for ventilator-associated pneumonia in critically ill patients. *Ann.Intern.Med.*: 129(6): 433-440; 1998
- Corbella, X., Pujol, M., Ayats, J., Sendra, M., Ardanuy, C., Dominguez, M. A., Linares, J., Ariza, J., Gudiol, F.: Relevance of digestive tract colonization in the epidemiology of nosocomial infections due to multiresistant *Acinetobacter baumannii*. *Clin.Infect.Dis.*: 23(2): 329-334; 1996
- Craven, D. E., Goularte, T. A., Make, B. J.: Contaminated condensate in mechanical ventilator circuits. A risk factor for nosocomial pneumonia? *Am.Rev.Respir.Dis.*: 129(4): 625-628; 1984
- Da Costa, A., Lelievre, H., Kirkorian, G., Celard, M., Chevalier, P., Vandenesch, F., Etienne, J., Touboul, P.: Role of the preaxillary flora in pacemaker infections: a prospective study. *Circulation*: 97(18): 1791-1795; 1998
- Daggan, R., Zefeiridis, A., Steinberg, D., Larijani, G., Gratz, I., Goldberg, M. E.: High-quality filtration allows reuse of anesthesia breathing circuits resulting in cost savings and reduced medical waste. *J.Clin.Anesth.*: 11(7): 536-539; 1999
- Denton, M., Kerr, K. G.: Microbiological and clinical aspects of infection associated with *Stenotrophomonas maltophilia*. *Clin.Microbiol.Rev.*: 11(1): 57-80; 1998
- Dreyfuss, D., Djedaini, K., Weber, P., Brun, P., Lanore, J. J., Rahmani, J., Boussougant, Y., Coste, F.: Prospective study of nosocomial pneumonia and of patient and circuit colonization during mechanical ventilation with circuit changes every 48 hours versus no change. *Am.Rev.Respir.Dis.*: 143(4 Pt 1): 738-743; 1991
- Fagon, J. Y., Chastre, J., Hance, A. J., Montravers, P., Novara, A., Gibert, C.: Nosocomial pneumonia in ventilated patients: a cohort study evaluating attributable mortality and hospital stay. *Am.J.Med.*: 94(3): 281-288; 1993
- Fukada, T., Tachibana, C., Tsukazaki, Y., Satoh, K., Furuya, Y., Ohe, Y.: Bacterial contamination of anesthesiologists' hands and the efficacy of handwashing. *Masui*: 45(8): 1026-1030; 1996
- Garibaldi, R. A., Britt, M. R., Coleman, M. L., Reading, J. C., Pace, N. L.: Risk factors for postoperative pneumonia. *Am.J.Med.*: 70(3): 677-680; 1981
- Gatterman, S. G., Crossley, K. B.: Urinary tract infections. In: Crossley, K. B.; Archer, G. L.: *The Staphylococci in Human Disease* Churchill Livingstone New York: 493-508; 1997

- Grote, C., Vanoli, C., Bühler, M., Grehn, M., Ruef, C.: Bacterial Contamination of the Ventilator Circuits of Anaesthesia Apparatus During Rebreathing. Hyg.Med.: 20: 67-73; 1995
- Heeg, P., Daschner, F.: Bakteriologische Untersuchungen an benützten Narkosegeräten. Hyg.Med.: 11: 470-472; 1986
- Hess, D.: Filters and anesthesia breathing circuits: can we cut costs without harm? J.Clin.Anesth.: 11(7): 531-533; 1999
- Husni, R. N., Goldstein, L. S., Arroliga, A. C., Hall, G. S., Fatica, C., Stoller, J. K., Gordon, S. M.: Risk factors for an outbreak of multi-drug-resistant *Acinetobacter* nosocomial pneumonia among intubated patients. Chest: 115(5): 1378-1382; 1999
- Ibrahim, J. J., Perceval, A. K.: Contamination of anaesthetic tubing--a real hazard? Anaesth.Intensive Care: 20(3): 317-321; 1992
- Kerwat, K. M., Kratz, C. D., Olt, C., Christ, M., Ziring, M., Wulf, H., Geldner, G.: Marburg model for optimization of stratification of the anaesthesiological risk. Anaesthesist: 53(9): 856-861; 2004
- Kloss, W. E., Bannermann, T. L.: Staphylococcus and micrococcus. In: Murray, P. R.; Baron, E. J.; Tenover, F. C.; Tenover, R. H.: Manual of Clinical Microbiology (6th) American Society for Microbiology Washington D.C.: 282-298; 1995
- Kocur, M., Kloss, W. E., Schleifer, K. H.: The genus *Micrococcus*. In: Balows, A.; Truper, H. G.; Dworkin, M.; Harder, W.; Schleifer, K. H.: The Prokaryotes (2nd) Springer-Verlag New York: 1300-1311; 1991
- Kodama, K., Kimura, N., Komagata, K.: Two new species of *Pseudomonas*: *P. oryzihabitans* isolated from rice paddy and clinical specimens and *P. luteola* isolated from clinical specimens. Int.J.Sys.Bacteriol: 35: 467-474; 1985
- Kollef, M. H., Shapiro, S. D., Fraser, V. J., Silver, P., Murphy, D. M., Trovillion, E., Hearn, M. L., Richards, R. D., Cracchilo, L., Hossin, L.: Mechanical ventilation with or without 7-day circuit changes. A randomized controlled trial. Ann.Intern.Med.: 123(3): 168-174; 1995a
- Kollef, M. H., Silver, P., Murphy, D. M., Trovillion, E.: The effect of late-onset ventilator-associated pneumonia in determining patient mortality. Chest: 108(6): 1655-1662; 1995b
- Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention am RKI: Prävention der nosokomialen Pneumonie. Bundesgesundheitsbl -Gesundheitsf -Gesundheitsschutz: 43: 302-309; 2000
- Lacour, M., Scherrer, M., Dettenkofer, M., Daschner, F.: Filter bei Beatmungstherapie und Inhalationsnarkose. Intensivmed: 34: 153-158; 1997
- Langevin, P. B., Rand, K. H., Layon, A. J.: The potential for dissemination of *Mycobacterium tuberculosis* through the anesthesia breathing circuit. Chest: 115(4): 1107-1114; 1999

- Leijten, D. T., Reijger, V. S., Mouton, R. P.: Bacterial contamination and the effect of filters in anaesthetic circuits in a simulated patient model. *J.Hosp.Infect.*: 21(1): 51-60; 1992
- Lortholary, O., Fagon, J. Y., Hoi, A. B., Slama, M. A., Pierre, J., Giral, P., Rosenzweig, R., Gutmann, L., Safar, M., Acar, J.: Nosocomial acquisition of multiresistant *Acinetobacter baumannii*: risk factors and prognosis. *Clin.Infect.Dis.*: 20(4): 790-796; 1995
- Luttrupp, H. H., Berntman, L.: Bacterial filters protect anaesthetic equipment in a low-flow system. *Anaesthesia*: 48(6): 520-523; 1993
- Maki, D. G.: Control of colonization and transmission of pathogenic bacteria in the hospital. *Ann.Intern.Med.*: 89(5 Pt 2 Suppl): 777-780; 1978
- Maslyk, P. A., Nafziger, D. A., Burns, S. M., Bowers, P. R.: Microbial growth on the anesthesia machine. *AANA.J.*: 70(1): 53-56; 2002
- Niederman, M. S., Craven, D. E.: Devising strategies for preventing nosocomial pneumonia--should we ignore the stomach? *Clin.Infect.Dis.*: 24(3): 320-323; 1997
- Richards, G.: The role of filtration during humidification. *Respir.Care Clin.N.Am.*: 4(2): 329-339; 1998
- Scherrer, M., Salrein, G., Mattowitz, R., Daschner, F.: A cost comparison of Pall filters versus chemical or thermal disinfection of ventilator tubes. *Anaesthesist*: 39(9): 445-449; 1990
- Schleupner, C. J., Cobb, D. K.: A study of the etiologies and treatment of nosocomial pneumonia in a community-based teaching hospital. *Infect.Control Hosp.Epidemiol.*: 13(9): 515-525; 1992
- Snyder-Ramos, S. A., Bauer, M., Martin, E., Motsch, J., Bottiger, B. W.: [Accessible price lists at the anaesthesiologist's workplace enhance cost consciousness as a part of process and cost optimization]. *Anaesthesist*: 52(2): 154-161; 2003
- Tabel, H., Wurche, T., Martiny, H., Kegel, M., Rüden, H.: Mikrobiologische Untersuchung an Beatmungs- und Narkosgeräten. *Hyg.Med.*: 11: 352-359; 1986
- Torres, A., el Ebiary, M., Soler, N., Monton, C., Gonzalez, J., Puig, d. I. B.: The role of the gastric reservoir in ventilator-associated pneumonia. *Clin.Intensive Care*: 6(4): 174-180; 1995
- Torres, A., Serra-Batlles, J., Ros, E., Piera, C., Puig, d. I. B., Cobos, A., Lomena, F., Rodriguez-Roisin, R.: Pulmonary aspiration of gastric contents in patients receiving mechanical ventilation: the effect of body position. *Ann.Intern.Med.*: 116(7): 540-543; 1992
- Valles, J., Artigas, A., Rello, J., Bonsoms, N., Fontanals, D., Blanch, L., Fernandez, R., Baigorri, F., Mestre, J.: Continuous aspiration of subglottic secretions in preventing ventilator-associated pneumonia. *Ann.Intern.Med.*: 122(3): 179-186; 1995
- Vezina, D. P., Trepanier, C. A., Lessard, M. R., Gourdeau, M., Tremblay, C.: Anesthesia breathing circuits protected by the DAR Barrierbac S breathing filter have a low bacterial contamination rate. *Can.J.Anaesth.*: 48(8): 748-754; 2001

## Verzeichnis der akademischen Lehrer

Meine akademischen Lehrer waren Damen / Herren in Marburg:

|               |                 |  |
|---------------|-----------------|--|
| PROF. DR.     | ARNOLD          | Zentrum für Innere Medizin                               |
| PROF. DR.     | BART            | Institut für Pathologie                                  |
| PROF. DR. DR. | BASLER          | Institut Medizinische Psychologie                        |
| PROF. DR.     | BAUM            | Abteilung für Allgemeinmedizin                           |
| PROF. DR.     | CHRISTIANSEN    | Zentrum für Kinderheilkunde                              |
| PROF. DR.     | EILERS          | Institut für Molekularbiologie und Tumorforschung        |
| PROF. DR.     | FEUSER          | Fachbereich Physik                                       |
| PD. DR.       | GERDES          | Klinik für Viszeral-, Thorax- u. Gefäßchirurgie          |
| PROF. DR.     | GEUS            | Geschichte der Medizin                                   |
| PROF. DR.     | GOTZEN          | Klinik für Unfall-, Wiederherstellungs- u. Handchirurgie |
| PROF. DR.     | GRISS           | Klinik für Orthopädie                                    |
| PROF. DR.     | GUDERMANN       | Institut für Pharmakologie und Toxikologie               |
| PROF. DR.     | HAPPLE          | Klinik für Dermatologie und Allergologie                 |
| PROF. DR.     | HOFMANN         | Klinik für Urologie und Kinderurologie                   |
| PROF. DR.     | JUNGCLAS        | Strahlenschutz   |
| PROF. DR.     | KLENK           | Med. Zentrum für Hygiene und Med. Mikrobiologie          |
| PROF. DR.     | KOHLMANN        | Physiologisch-chemisches Institut                        |
| PROF. DR.     | KORZ            | Medizinische Klinik I, Marienkrankenhaus Siegen          |
| PROF. DR.     | KRIEG           | Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie                |
| PROF. DR.     | KROLL           | Medizinisches Zentrum für Augenheilkunde                 |
| PROF. DR.     | LILL            | Institut für Zytobiologie und Zytopathologie             |
|               | DR. DR. MANDREK | Institut für Physiologie und Pathophysiologie            |
| PROF. DR.     | MOLL            | Institut für Pathologie                                  |
| PROF. DR.     | MUTTERS         | Med. Zentrum für Hygiene und Med. Mikrobiologie          |
| PROF. DR.     | OERTEL          | Klinik für Neurologie                                    |
| PROF. DR. DR. | REMSCHMIDT      | Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie                 |
| PROF. DR.     | RENZ            | Abteilung für Klinische Chemie und Molekulare Diagnostik |
| PROF. DR.     | RICHTER         | Zentrum für Innere Medizin                               |
| PROF. DR.     | SCHÄFER         | Institut für Medizinische Biometrie und Epidemiologie    |
| PD. DR.       | SCHNABEL        | Klinik für Unfall-, Wiederherstellungs- u. Handchirurgie |
| PROF. DR.     | SEITZ           | Anatomisches Institut                                    |
| PROF. DR.     | STUDER          | Fachbereich Chemie                                       |
| PROF. DR.     | WEIHE           | Anatomisches Institut                                    |
| PROF. DR.     | WERNER          | Hals-, Nasen-, Ohrenklinik                               |
| PROF. DR.     | WULF            | Klinik für Anästhesie und Intensivtherapie               |
| PROF. DR.     | MAIER           | Zentrum für Kinder- und Jugendmedizin                    |

Meine akademischen Lehrer waren Herren in Fulda:

|           |            |   |
|-----------|------------|---|
| PROF. DR. | JASPERSEN  | Medizinische Klinik II                    |
| PROF. DR. | REPP       | Klinik für Kinder- und Jugendmedizin      |
| PROF. DR. | WÖRSDÖRFER | Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie |

### **Danksagung**

Herrn PROFESSOR DR. R. MUTTERS danke ich für die Überlassung dieses sehr interessanten Themas und für seine Unterstützung sowohl bei allen praktischen und labortechnischen Fragen als auch bei wissenschaftlichen Angelegenheiten. Ohne ihn wäre diese Arbeit sicher nicht zustande gekommen.

Weiterhin danke ich Herrn DR. T. NEUBERT für die Mithilfe bei der Planung der Studie und bei der Erstellung des Studienprotokolls. Seine kritische Sicht bei der Analyse der Ergebnisse und seine Unterstützung bei der statistischen Auswertung waren eine große Hilfe.

Frau S. RIEHL im Routinelabor der Krankenhaushygiene danke ich für die sorgfältige Einweisung in die mikrobiologischen Techniken. Stets stand sie mir geduldig und kompetent bei allen Problemen zur Seite und hat mir mühsame Fehlschläge erspart.

Mein Dank gilt dem ganzen Team der Anästhesiepflege im Zentral-OP und hier im besonderen Herrn M. JUNG für seine Unterstützung bei der Demontage der Steuerköpfe und seinen Beitrag zur Erfassung der Patienten.

Allen Freunden, die mir während dieser Zeit geholfen haben und mir in kritischen Gesprächen zur Seite standen, danke ich sehr. Allen, die namentlich nicht genannt sind oder werden wollten, sei Dank für ihren Beitrag zu dieser Arbeit.

Ein ganz besonderer Dank gilt meinen Eltern. Ohne sie hätte ich diese Chance nie ergreifen können. Sie haben mich nicht nur während der Zeit dieser Arbeit unterstützt und motiviert und so auf ihre ganz besondere Art zum Gelingen beigetragen.